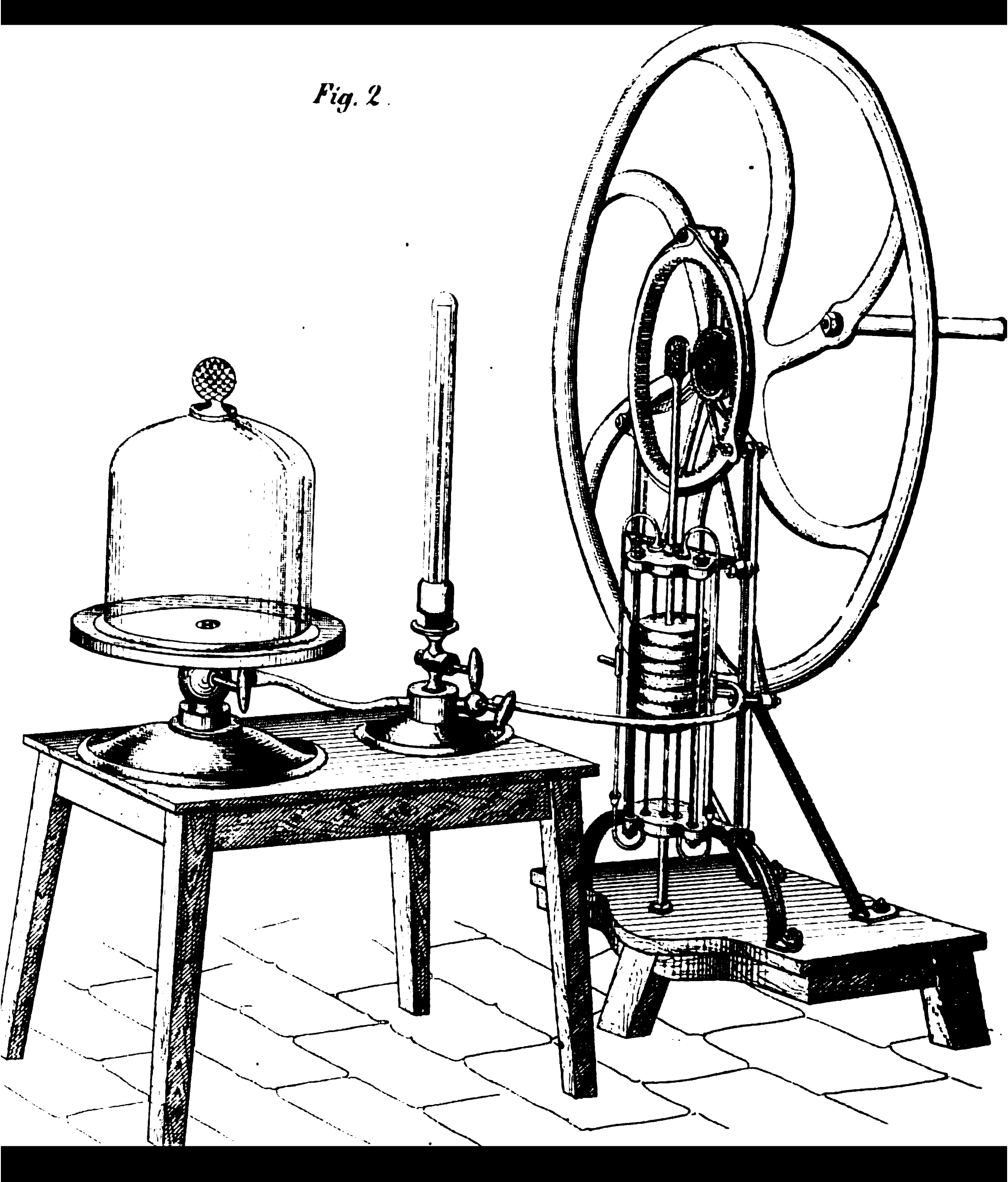


Repertorium für physikalische Technik für mathematische ...

Philipp Franz Heinrich Carl


E. BIBL. RADCL.



REPERTORIUM

FÜR

PHYSIKALISCHE TECHNIK

FÜR

MATHEMATISCHE UND ASTRONOMISCHE

INSTRUMENTENKUNDE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PH. CARL,

PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

ERSTER BAND.

MIT EINEM ATLAS VON 37 TAFELN.

MÜNCHEN, 1866.

VERLAG VON R. OLDENBOURG.

INHALT.

REPERTORIUM

FÜR

PHYSIKALISCHE TECHNIK

FÜR

MATHEMATISCHE UND ASTRONOMISCHE

INSTRUMENTENKUNDE.

EINLEITUNG.

Die Zeitschrift, deren erstes Heft hiermit dem wissenschaftlichen Publicum übergeben wird, hat, wie dies schon ihr Titel besagt, den Zweck, die physikalische Technik, die mathematische und astronomische Instrumentenkunde zu fördern.

Indem die Redaction das neue Unternehmen der freundlichen Beachtung empfiehlt, glaubt sie, es möchte nicht ungeeignet sein, einige einleitende Worte über Plan und Zweck des Ganzen vorauszuschicken.

Die Aufgabe der physikalischen Technik besteht bekanntlich in der Behandlung der Methoden des physikalischen Experimentirens; sie hat demnach die Principien kennen zu lernen, nach welchen die zu den Experimenten verwendeten Instrumente und Apparate construirt sind, und die Methoden zu erörtern, welche die Experimente mit Erfolg anzustellen ermöglichen. Schon die weitere Auffassung der Aufgabe der Physik zieht auch die astronomischen und geometrischen Instrumente in das Bereich der physikalischen Technik, und dieser allgemeinere Begriff derselben soll auch bei der vorliegenden Zeitschrift zu Grunde gelegt werden.

Wir besitzen nun in der physikalischen Literatur kein Werk, welches dem bezeichneten Gebiete speciell gewidmet wäre[1]), und eben diese Lücke soll durch unsere Zeitschrift ausgefüllt werden; dabei stellt sich dieselbe eine doppelte Aufgabe:

einmal nämlich sollen die neuesten Fortschritte des eben bezeichneten Gebietes behandelt werden;

dann wird aber auch das bisher bereits Geleistete nicht unberücksichtiget gelassen werden und es hat sich die Redaction namentlich in letzterer Hinsicht die Aufgabe gestellt, das Unternehmen mit der Zeit zu einem vollständigen Repertorium der physikalischen Technik zu gestalten.

Um diese doppelte Aufgabe jedoch durchführen zu können, erlauben wir uns die Unterstützung der Fachmänner freundlichst zu erbitten. Es wird die Mittheilung von Arbeiten, welche die Beschreibung, Theorie und die Behandlung der Instrumente zum Gegenstande haben, stets mit Dank entgegen genommen werden[2]). Was die solchen Arbeiten beigefügten Zeichnungen betrifft, so wird es sehr erwünscht sein, wenn dieselben in einem bestimmten Maassstabe und in der Art ausgeführt sind, dass der Verfertiger von Instrumenten dieselben bei der Arbeit sogleich zu Grunde legen kann. Die Verlagshandlung wird keine Mittel für eine correcte und schöne Ausstattung dieser Zeichnungen scheuen.

Es gibt ferner in Bezug auf die Behandlung der Apparate und

1) Die physikalische Technik von Frick gibt bekanntlich blos eine Uebersicht über diejenigen Versuche, welche der Lehrer — namentlich an niederen Lehranstalten — bei einem ersten Unterrichte in der Physik anzustellen hat.

2) Die Einsendungen bittet man entweder direct an die Redaction (Dr. Ph. Carl, Privatdocent, München) oder an die Verlagshandlung (R. Oldenbourg in München) gelangen zu lassen.

die Anstellung der Versuche eine grosse Menge von Erfahrungen, welche dem Forscher bei der Ausführung specieller Untersuchungen bekannt werden und bisher auch fast ausschliesslich bekannt geblieben sind. Hierher gehören namentlich die bei verschiedenen Arbeiten gebrauchten Hilfsapparate und Hilfsvorrichtungen, deren Beschreibung bei der Publication der Resultate solcher Arbeiten bisher in den meisten Fällen übergangen wurde. Diese Puncte werden gleichfalls Gegenstand der Mittheilungen unseres Journales sein.

Was den zweiten Theil der oben bezeichneten Aufgabe betrifft, ein Repertorium der physikalischen Technik herzustellen, so werden zunächst die wichtigeren Arbeiten aus anderen Journalen und den Schriften gelehrter Gesellschaften übertragen und von Zeit zu Zeit Literaturberichte beigegeben, welche die neueren Erscheinungen mit dem bereits Geleisteten in Verbindung setzen. Ausserdem aber werden monographische Arbeiten über einzelne Instrumente und Apparate sowie über ganze Classen derselben aufgenommen, welche die Entstehung, Weiterbildung und den gegenwärtigen Stand derselben in möglichster Vollständigkeit und mit genauer Berücksichtigung der einschlägigen Originalliteratur betrachten und die Methoden behandeln sollen, vermittelst welcher mit diesen Instrumenten Resultate erhalten wurden, die für die Förderung der Wissenschaft selbst von Bedeutung geworden sind.

Die Zeitschrift erscheint zunächst in zwanglosen Heften, von denen je sechs einen Band bilden werden. Es werden jedoch, sobald sich eine Uebersicht in dieser Beziehung gewinnen lässt, die einzelnen Hefte immer in bestimmten Zeiträumen ausgegeben werden; jedenfalls soll in diesem Jahre noch der erste Band vollständig in die Hände der Abnehmer gelangen.

Bei der regen Theilnahme, welcher sich in der Gegenwart die exacten Wissenschaften erfreuen, und bei der grossen Anzahl von

physikalischen Laboratorien und Observatorien, welche zur Zeit namentlich auch in Deutschland thätig sind, glaubt die Redaction dem Repertorium eine gesicherte Zukunft versprechen zu dürfen. Mögen die Fachmänner und Freunde der Wissenschaft dem Unternehmen ihre Theilnahme und Unterstützung nicht versagen!

Die Wage.

Von

Ph. Carl.

1. Die Instrumente, welche zur Bestimmung des Gewichtes der Körper dienen, sind die Wagen. Man hat bisher sehr verschiedenartige Einrichtungen von Wagen angegeben; im Allgemeinen lassen sich jedoch drei Classen derselben unterscheiden[1]), nämlich:

a) Hebelwagen, welchen das Gesetz des Hebels zu Grunde liegt;

b) Senkwagen, welche auf dem Principe des hydrostatischen Druckes beruhen; und

c) Federwagen, bei welchen die Elasticität fester Körper zur Wägung benützt wird.

Eine jede dieser drei Classen von Wagen zerfällt wieder in mehrere Unterabtheilungen. So gehören zu den Hebelwagen die Schal- oder Gleichwagen, die Schnellwagen, Brückenwagen, Zeigerwagen; die zweite Classe bilden die verschiedenen Aräometereinrichtungen; die dritte Classe umfasst die Federwagen im engeren Sinne, die sogenannten Dynamometer und die Torsionswagen. Von diesen verschiedenen Apparaten sollen in unserem Repertorium diejenigen, welche von rein wissenschaftlicher Bedeutung sind, näher behandelt werden, und also jene ausgeschlossen bleiben, welche für technische Zwecke oder überhaupt für die Zwecke des practischen Lebens dienen. Indem wir so mit den Hebelwagen beginnen, haben wir davon blos die gleicharmige Wage zu betrachten und die verschiedenartigen Ein-

---

1) Karsten, allgemeine Encyclopädie der Physik. I. pag. 574 ff. — Dove, Maass und Messen. 2. Aufl. p. 150 ff.

richtungen kennen zu lernen[1]), welche derselben bisher gegeben wurden und die gegenwärtig einen so hohen Grad der Vollendung erlangt haben, dass diese Wage als das vollkommenste physikalische Instrument bezeichnet werden kann.

Theorie der Wage.

2. Die Wage besteht im Allgemeinen aus einem zweiarmigen Hebel — dem sogenannten Wagbalken —, an welchem bekanntlich Gleichgewicht stattfindet, wenn die statischen Momente auf beiden Seiten vom Hypomochlion, der Drehungsaxe, einander gleich sind. Das Gewicht eines Körpers wird dann durch ein gleiches, bereits bekanntes Gegengewicht bestimmt, und es sind deshalb zur Aufnahme der Körper und der bezeichneten Gegengewichte an beiden Enden des Wagbalkens eigene Vorrichtungen — die sogenannten Wagschalen — angehängt.

Man hat bei der Construction einer solchen Wage vor Allem zwei Umstände näher in Betracht zu ziehen:

1) sind die Bedingungen zu erfüllen, welche die Richtigkeit der Wage nach sich ziehen, und
2) sind die Verhältnisse zu berücksichtigen, von welchen die mehr oder weniger grosse Empfindlichkeit der Wage abhängt.

3. Die Bedingungen der Richtigkeit der Wage ergeben sich aus den folgenden Betrachtungen[2]):

Es seien A und B in Fig. 1 die Aufhängungspuncte, Q und Q' die Gewichte der Wagschalen und es befinden sich in diesen gleiche Zulagegewichte, jedes $= P$; ferner bezeichnen a und b' die Schwerpuncte, p und p' die Gewichte der beiden Arme des Wagbalkens; endlich sei C die Drehungsaxe und D der Punct, in welchem die horizontale Längenaxe AB des Wagbalkens von der durch C gehenden Verticalebene geschnitten wird. Es wirken dann an dem Wagbalken im Gleichgewichtszustande vier Kräfte, und zwar senkrecht gegen die horizontale Längenaxe AB desselben, nämlich in A die

1) Dabei sind die Quellen sorgfältig citirt und in vielen Fällen auch selbstsprechend eingeführt worden.

2) Kunzek, Lehrbuch der Physik in mathematischer Begründung. 2. Aufl. pag. 25.

Kraft $P+Q$, in B die Kraft $P+Q'$, in a und b die Kräfte p und p'. Nun ist Gleichgewicht vorhanden, wenn die Summe der Momente der

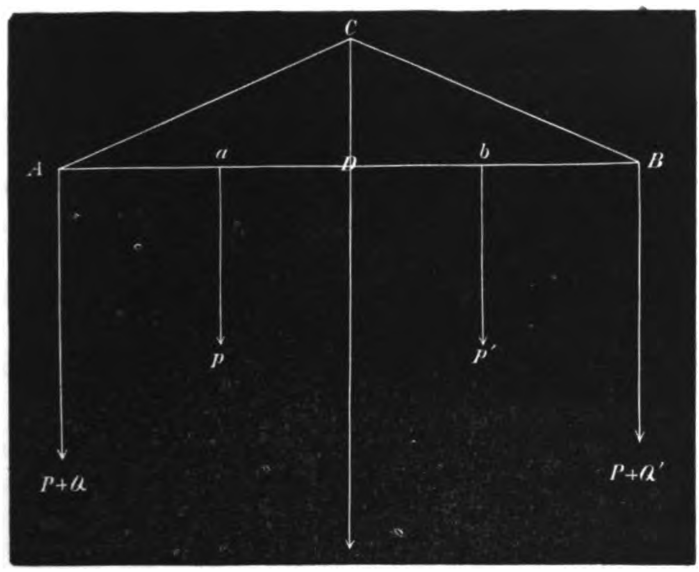


Fig. 1.

am einen Arme wirkenden Kräfte gleich ist der Summe der Momente der am anderen Arme wirkenden Kräfte, und man hat also:

$$(P+Q).AD + p.Da = (P+Q')BD + p'.Db$$

oder

$$P(AD - BD) = Q'.BD - Q.AD - p.Da + p'.Db.$$

Diese Gleichung muss für alle möglichen Zulagegewichte P und auch für den Fall gelten, dass kein Zulagegewicht vorhanden, also $P = 0$ ist; man hat demnach

$$0 = Q'.BD - Q.AD - p.Da + p'.Db \qquad (1)$$

und, da dieser Ausdruck blos constante Grössen enthält, auch

$$P(AD - BD) = 0 \qquad (2)$$

oder

$$AD = BD.$$

Es müssen demnach die Arme des Wagbalkens genau gleich lang sein.

Um der Gleichung (1) Genüge zu leisten, müssen ausserdem

$$Q = Q' \qquad p = p' \qquad Da = Db$$

sein, d. h.

es müssen die Wagschalen gleich schwer sein,

es müssen ferner die beiden gleich langen Arme des Wagbalkens gleiche Gewichte haben, und

es müssen ihre Schwerpuncte gleichweit vom Mittelpuncte der Längenaxe entfernt liegen.

Hieraus ergibt sich, dass die Resultante der an dem unbelasteten Wagbalken wirkenden Kräfte in der durch C und D gezogenen Verticalen liegt. Da nun der Angriffspunct dieser Resultanten mit dem Schwerpuncte des Wagbalkens sammt den daran hängenden Wagschalen zusammenfällt, so muss auch dieser Schwerpunct in der genannten verticalen Linie liegen. Würde der Schwerpunct mit dem Aufhängungspuncte — der Drehungsaxe — zusammenfallen, so würde das Gleichgewicht ein labiles sein; damit dasselbe stabil werde, muss der Schwerpunct unterhalb der Drehungsaxe liegen.

4. Die angeführten Bedingungen müssen erfüllt werden, wenn die Wage richtig sein soll; allein sie reichen nicht hin, um die Wage empfindlich zu machen, d. h. um zu bewirken, dass die Wage sehr kleine Unterschiede in den Gewichten, welche man vergleichen will, durch eine grosse Neigung des Wagbalkens anzeige.

Um die Bedingungen der Empfindlichkeit der Wage zu ermitteln, seien[1]) AB und BC in Fig. 2 die beiden Arme des Wagbalkens, wenn keine Gewichte sich an demselben befinden; wir setzen voraus, dass sie gleich lang seien und zwar jeder $= l$. Wir setzen ferner vor der Hand voraus, dass sie nicht in einer geraden Linie liegen, und wollen den Winkel, welchen jeder Arm mit der Horizontalen MN macht, mit β bezeichnen. Der Schwerpunct liege in der Verticalen bei G und die Entfernung desselben von der Drehungsaxe B sei l'; das Gewicht des Wagbalkens bezeichnen wir mit π. Werden nun an die Puncte A und C die Gewichte P und $P+p$ angehängt, so wird das System sich um einen Winkel, der $=\alpha$ sei, neigen und sich in $A'BC'G'$ feststellen. Damit Gleichgewicht statthabe, muss dann die Summe der Momente der an A', C', G' wirkenden Kräfte $= 0$ sein und man hat also

$$P.A'P + \pi G'.D = (P+p).C'Q$$

$$P.l.\cos(\alpha-\beta) + \pi.l'\sin\alpha = (P+p).l.\sin(90^0-(\alpha+\beta))$$

$$= (P+p)l.\cos(\alpha+\beta).$$

1) Jamin, Cours de physique. Vol. I. pag. 117.

Nach Auflösung der cos und sin erhält man

$$\sin\alpha\left\{P.l\sin\beta+\pi l'+(P+p)l\sin\beta\right\}=\cos\alpha\left\{(P+p)l\cos\beta-P.l\cos\beta\right\}$$

oder

$$\tang\alpha = \frac{pl.\cos\beta}{2\,Pl\sin\beta+pl\sin\beta+\pi l'}$$

$$= \frac{1}{\frac{2\,P.\operatorname{tg}\beta}{p}+\operatorname{tg}\beta+\frac{\pi l'}{pl\cos\beta}}.$$

Der Winkel α drückt die Neigung des Wagbalkens aus, wenn in einer der Schalen ein Uebergewicht p sich befindet; so lange diese

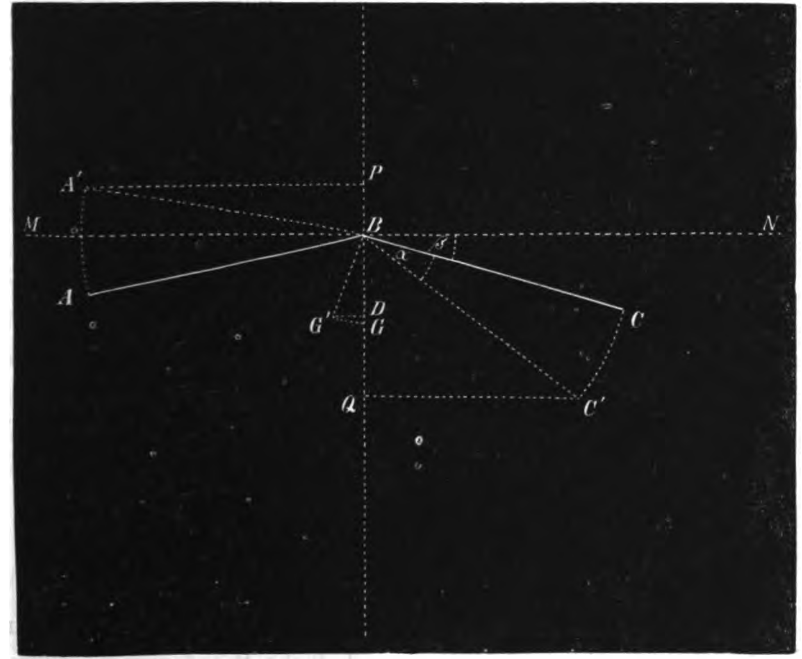


Fig. 2.

Neigung nur gering ist, kann dann $\tang\alpha$ als das Maass für die Empfindlichkeit des Instrumentes betrachtet werden. Man sieht sofort, dass die rechte Seite der obigen Gleichung vom Werthe für P abhängt; die Empfindlichkeit ändert sich also mit der in den beiden Schalen befindlichen Belastung und zwar nimmt sie ab, wenn die Belastung zunimmt. Die Wage verliert also an Empfindlichkeit in dem Maasse als die Belastung zunimmt.

Wären die beiden Puncte A und C anstatt unter B über diesem Puncte gelegen, so würde eine Wiederholung der vorigen Rechnung sich blos darin ändern, dass das Zeichen von β negativ wäre. Man hätte also für diesen Fall

$$\tang \alpha = \frac{p \,.\, l \cos \beta}{-(2P + p)\, l \sin \beta + \pi l'}.$$

Es würde dann der Nenner dieses Ausdruckes mit dem Wachsen der Belastung P abnehmen und damit die Empfindlichkeit grösser werden.

Wäre der Winkel $\beta = 0$, d. h. würden die drei Puncte A, B, C in einer geraden Linie gelegen sein, so hätte man einfach

$$\tang \alpha = \frac{p \,.\, l}{\pi l'}.$$

Für diesen Fall, den man denn auch in der Praxis herzustellen sucht, ist die Empfindlichkeit unabhängig von der Belastung; sie ist ausserdem

1) direct proportional der Länge l eines jeden Wagbalkenarmes,
2) umgekehrt proportional dem Gewichte des Wagbalkens und
3) umgekehrt proportional dem Abstande des Schwerpunctes von der Drehungsaxe.

Nach dem Gesagten gestalten sich die Bedingungen, welche bei einer guten Wage erfüllt sein müssen, ungemein einfach; allein es ist sehr schwierig, denselben in der Praxis möglichst vollkommen Genüge zu leisten. Es wird deshalb nicht unzweckmässig sein, wenn wir nun die einzelnen Theile der Wage in Bezug auf ihre practische Ausführung einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Der Wagbalken.

5. Aus den im vorigen Paragraphen erhaltenen Sätzen hat man geschlossen, man müsse für eine empfindliche Wage einen sehr langen Wagbalken nehmen. Allein da bei langen Wagbalken, um eine Durchbiegung zu verhindern, die Stärke und damit das Gewicht vergrössert werden muss und da die Empfindlichkeit der Wage auch umgekehrt proportional dem Gewichte des Wagbalkens ist, so sollte man, wie Holtzmann richtig bemerkt[1]), im Gegentheile den Wag-

---

1) Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie begründet von Liebig, Poggendorff und Wöhler. Bd. IX. pag. 495.

balken so kurz anfertigen als es das Volumen der Körper, welche gewogen werden sollen, gestattet. Man wird durch eine solche kurzarmige und leichte Wage nicht blos die Empfindlichkeit erhöhen, sondern auch die Operation des Wägens rascher zu vollenden im Stande sein.

6. Was die Form des Wagbalkens betrifft, so hat man die einer sehr verlängerten Raute gewählt, dabei jedoch die mannichfachsten Modificationen eintreten lassen. Magellan hat[1]) zwei hohle abgekürzte Kegel mit ihren grösseren Grundflächen vereinigt; Ramsden wählte[2]) die nämliche Construction, nur brachte er zur Vermeidung der Durchbiegung im Innern eines jeden Kegels zwei Scheidewände an, welche senkrecht gegen die Axe standen. Troughton versah[3]) die beiden Kegel im Innern mit Ringen, Mendelsohn brachte[4]) zwischen dieselben einen hohlen Würfel. Hauff nahm[5]) anstatt der abgekürzten Kegel zwei achteckige abgekürzte Pyramiden, welche mit ihren Grundflächen zusammenstossen.

Die späteren Wagen von Troughton[6]) (Fig. 1, Taf. IV), sowie einige von Girgensohn[7]) (Taf. V u. VI) verfertigte Wagen haben massive rhomboidale Wagbalken. Robinson[8]) und nach ihm Fortin[9]) (Fig. 1, Taf. II), Girgensohn[10]) (Fig. 1, Taf. III), sowie die meisten neueren Verfertiger von Wagen haben durchbrochene Wagbalken angewendet. Aus Fig. 1, Taf. I ist[11]) die Form des Wagbalkens ersichtlich, wie sie gegenwärtig von den deutschen Mechanikern (Staudinger, Jung, Lieberich in Giessen, Oertling in Berlin, Stollnreuther in München etc.) fast durchweg angewendet wird; nur sind manchmal an

1) Gehler's Wörterbuch. Neue Bearbeitung. Bd. X. 1. Abthlg. pag. 16. — Journal de Physique. T. II. pag. 252. T. XVII. pag. 43.
2) Gehler's Wörterbuch l. c. — Voigt, Magazin. Bd. VI. Stück 4. pag. 101.
3) Philosophical Transactions 1798. pag. 182.
4) Gilbert's Annalen. XXIX. pag. 153.
5) Voigt, Magazin. Bd. IX. Stück 3. pag. 73.
6) Hassler, Comparison of Weights and Measures of Length and Capacity reported to the Senate of the United States. Washington 1832. pag. 92.
7) Kupffer, Travaux de la Commission pour fixer les mesures et les poids de l'Empire de Russie. Tom. II. pag. 16. 353.
8) Karsten, Encyclopädie. I. pag. 580.
9) Jamin, Cours de physique. I. pag. 119.
10) Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 72. pag. 378.
11) Buff, Experimentalphysik. pag. 81.

jedem Arme zwei Zwischenstreben vorhanden. Lamont setzte bei der früher zu seinen magnetischen Untersuchungen gebrauchten Wage den rhomboidalen Wagbalken aus gezogenen Messingrohren zusammen.

7. Das Material, aus welchem der Wagbalken verfertigt wird, ist bei den neueren Wagen durchweg Messing oder sogenannter Rothguss. Eiserne und stählerne Wagbalken, wie sie Hauff[1]), Troughton[2]) und Andere angewendet haben, sind unzweckmässig, da sie leicht permanent magnetisch werden.

Ritchie hat vorgeschlagen[3]), den Wagbalken aus Holz zu verfertigen, doch ist dieses Material schon wegen seiner hygroskopischen Eigenschaften nicht zu empfehlen und es hat dieser Vorschlag auch keine weitere Beachtung gefunden. Ferner sind Wagbalken aus Glas ausgeführt worden[4]), allein der Anwendung desselben steht die nicht unbedeutende Condensation des Wasserdampfes an seiner Oberfläche entgegen.

In neuester Zeit haben Collot in Paris und Bell in Newcastle on Tyne Wagbalken aus Aluminium verfertigt[5]), welche sich zugleich durch Festigkeit und geringes Gewicht auszeichnen sollen; weitere Erfahrungen über die Leistungen dieser Wagen sind jedoch noch nicht bekannt.

Die Aufhängung des Wagbalkens.

8. In der Wirklichkeit kann eine Veränderung der horizontalen Lage des Wagbalkens (ein Drehungswinkel, Ausschlagwinkel) erst dann stattfinden, wenn das Uebergewicht auf der einen Seite desselben hinlänglich gross ist, um die Reibungen der Drehungsaxe zu überwinden; es ist deshalb ein Haupterforderniss einer empfindlichen Wage, den Wagbalken in der Art aufzuhängen, dass die genannte Reibung so gering als möglich werde.

Cylindrische Axen sind schon längst aufgegeben und bei allen neueren Wagen die drei folgenden Aufhängungsweisen angewendet worden, nämlich:

---

1) Voigt, Magazin. IX. Stück 3. pag. 73.

2) Hassler l. c.

3) Philosophical Transactions 1830. P. II. pag. 219. — Fechner, Repertorium der Experimentalphysik. I. pag. 7.

4) Karsten, Encyclopädie. I. pag. 581.

5) Ibidem.

1) Aufhängung mittelst einer prismatischen Schneide;
2) Aufhängung mittelst Kugeln;
3) Aufhängung mittelst Stahllamellen.

a) Die Aufhängung mittelst prismatischer Schneiden.

9. Weitaus am häufigsten wurde die Aufhängung mittelst Prismen angewendet, welche mit dem Wagbalken fest verbunden und zu einer scharfen Schneide zugeschliffen sind, so dass sie auf ihrer Unterlage blos in einer geraden Linie aufliegen.

Bei den Wagen der deutschen Mechaniker besteht die prismatische Schneide (*bb* in Fig. 2, Taf. I) aus gut gehärtetem Stahle, die Unterlage (*aa* in Fig. 2 u. 4, Taf. I) aus einem harten Steine, meistens Achat. Die Unterlage bilden kreisrunde ebene Platten, welche auf beiden Seiten vom Wagbalken an der die ganze Wage tragenden Messingsäule befestigt sind und auf denen die Schneide also an zwei Stellen aufliegt. Der Winkel an der scharfen Kante des Prismas richtet sich im Allgemeinen nach der Tragfähigkeit, welche die Wage erhalten soll. Bei Wagen für grosse Belastung beträgt dieser Winkel nahe 90°, bei kleinen Wagen blos gegen 30°, bei mittleren Wagen zwischen 40° und 60°.

Girgensohn hat bei der kleineren von Kupffer zur Feststellung der russischen Gewichte gebrauchten Wage, welche auf Taf. V dargestellt ist, die Schneide am Wagbalken von Achat hergestellt[1]).

Troughton hat[2]) bei der für Hassler verfertigten Wage der Schneide die Form gegeben, wie sie Fig. 1 und 3 auf Taf. IV zeigt, wo *a*, *a* die Schneide bezeichnet; die Unterlagen *b*, *b* sind dabei oben cylindrisch abgerundet, so dass die Schneide eigentlich blos auf zwei Puncten aufruht.

Gerstner hat vorgeschlagen[3]), anstatt der prismatischen Schneide blos zwei Spitzen in Anwendung zu bringen, welche ebenfalls von gehärtetem Stahle wären und den gleichen Winkel bildeten wie die Schneiden; es ist mir jedoch kein Fall bekannt, wo diese Einrichtung, die an sich viele Vorzüge zu haben scheint, practisch ausgeführt worden wäre.

---

1) Kupffer, Travaux etc. II. pag. 16.
2) Hassler, Comparison of Weights and Measures. pag. 92.
3) Gerstner, Handbuch der Mechanik. Bd. I. pag. 176.

Wollte man die Schneide beständig mit ihrer Unterlage in Berührung lassen, so würde bald eine gegenseitige Abnützung eintreten, welche die Empfindlichkeit der Wage bedeutend beeinträchtigen würde. Man hat deshalb Vorrichtungen — die sogenannte Arretirung — angebracht, durch welche die Schneide von der Unterlage getrennt gehalten wird, wenn die Wage nicht im Gebrauche ist; wir werden diese Einrichtungen später (§ 27) näher kennen lernen.

10. Ein wesentliches Erforderniss bei der betrachteten Aufhängungsweise besteht darin, dass die Schneide des Prismas senkrecht gegen die Axe des Wagbalkens stehe und es ist auf diesen Punct bei der Anfertigung der Wage besondere Rücksicht zu nehmen.

Girgensohn befestigte[1]) das Prisma q (Fig. 1, Taf. III) an zwei kreisförmigen Scheiben, welche von beiden Seiten her mittelst der Schrauben s, s, s gegen den Wagbalken festgeschraubt wurden; er beschreibt das Verfahren, wie er dabei die angeführte senkrechte Stellung der Schneide erlangte, folgendermaassen: Um die mittlere Schneide recht unbeweglich in den Balken befestigen zu können, wird sie etwas verjüngt zulaufend geschliffen, damit sie fest in die Scheiben o' hineingetrieben werden kann. Diese Scheiben haben kleine Ansätze, welche von jeder Seite des Balkens bis nahe in die halbe Dicke desselben reichen, so dass zwischen ihnen ein schmaler leerer Raum bleibt. Um zu bewirken, dass die Schneide q — die Drehungsaxe der Wage — senkrecht auf die Seiten des Wagbalkens falle, werden vorläufig in die Scheiben, ehe sie noch gedreht werden, dreieckige Löcher von der genauen Grösse der Axe (des Prismas) durchgearbeitet. Hierauf werden in diese Löcher dreieckige Prismen von Kanonenmetall eingepasst und die eingepassten Stücke mit den Flächen der Scheiben eben gefeilt; durch die verschiedene Farbe der Metalle kann man an jeder Scheibe ganz deutlich die Spitze des Dreiecks, welche zur Axe dienen soll, bemerken, und bohrt nun genau durch diese Spitze auf der Drehbank cylindrische Löcher von gleicher Weite senkrecht in jede Scheibe. Wenn man nun diese Scheiben auf einem cylindrischen Stifte senkrecht und auf demselben abdreht und die Ansätze in den Wagbalken eindreht, so muss die Kante des Dreiecks oder die Axe der Wage senkrecht auf die Seiten-

---

1) Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 72. pag. 380. — Bulletin de l'Acad. de St.-Pétersbourg. Nr. 108.

fläche des Balkens zu stehen kommen. Hat man die Scheiben abgedreht, so schlägt man die Prismen von Kanonenmetall heraus und schraubt die Scheiben, nachdem man das stählerne zur Axe dienende Prisma durchgesteckt hat, von den entgegengesetzten Seiten des Balkens sehr fest gegeneinander und an den Balken vermittelst der Schrauben *s*, *s*, *s*. Die Axe muss auf diese Art sehr fest und senkrecht im Balken liegen, da sie nur an den Enden gefasst wird und die dreiseitige Oeffnung der Scheibe auf dem Balken senkrecht steht.

b) Die Steinheil'sche Kugelaufhängung.

11. Schon oben wurde der Gerstner'sche Vorschlag erwähnt, nach welchem die Drehungsaxe des Wagbalkens mittelst zweier Spitzen auf ihrer Unterlage aufruhen sollte; Steinheil hat[1]) die beiden Spitzen durch zwei Kugeln ersetzt, welche ihre Unterlage gleichfalls nur an zwei Puncten berühren. Das Wesentliche dieser Aufhängungsweise ist durch Fig. 3 veranschaulicht. *A* stellt die Mitte des Wagbalkens im Durchschnitte dar; an demselben ist der Bügel *B B* befestigt, durch welchen die Schrauben *ss*, *ss* hindurchgehen, die an ihren Enden mit kleinen, sorgfältig polirten Kugeln *c*, *c* versehen sind. Die Unterlagen *pp*, *pp*, auf welchen diese Kugeln sich drehen, sind Plangläser, die mit der Tragsäule der ganzen Wage in Verbindung stehen. Die beiden Kugeln sind so gestellt, dass eine durch ihre Mittelpuncte gehende Horizontale auch durch den Schwerpunct des Wagbalkens geht.

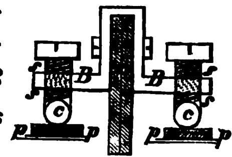


Fig. 3.

Girgensohn hat die Steinheil'sche Kugelaufhängung bei der grossen für Kupffer verfertigten Wage, welche auf Taf. VI dargestellt ist, in Anwendung gebracht[2]). Er befestigte nämlich an mit dem Wagbalken fest verbundenen Bügeln zwei nach abwärts gekehrte Halbkugeln von Achat; die Unterlage bilden ebene Platten, gleichfalls von Achat.

c) Die Weber'sche Aufhängung mittelst Stahllamellen.

12. Die beiden in den vorhergehenden Paragraphen betrachteten Aufhängungsweisen leiden an dem Missstande, dass ein fester Körper

1) Polytechnisches Centralblatt 1835. Nr. 60. — Dove's Repertorium der Physik. I. p. 17. — Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 59. p. 233.

2) Kupffer, Travaux etc. II. p. 353.

gegen eine feste Unterlage mit dem ganzen Gewichte des Wagbalkens und der Schalen sammt ihrer Belastung gedrückt wird und dabei sich doch ganz frei drehen soll; da man diese Bedingung nicht vollständig erfüllen kann, so muss, wie wir gesehen haben, die Ausführung der Drehungsaxe eine sehr sorgfältige sein, um der genannten Forderung wenigstens so nahe als möglich zu kommen. Weber hat[1]) den angeführten Missstand durch eine Vorrichtung zu heben gesucht, bei welcher die Drehung durch die Biegung gerader elastischer Stahllamellen ersetzt wird und zwar in der Art, dass diese Lamellen gerade bleiben, die Biegung (Drehung) Null ist, wenn der Wagbalken genau horizontal steht.

Auf Taf. VII ist eine nach den Weber'schen Angaben von Stöhrer in Leipzig für das Münchner physiologische Institut construirte Wage in $^1/_{10}$ der natürlichen Grösse dargestellt; Fig. 1 zeigt die Vorderansicht, Fig. 2 die Seitenansicht derselben. Der Wagbalken AA wird in seiner Mitte durch zwei Stahllamellen a, a mit dem unbeweglichen Gestelle B, B, B fest verbunden. Es sind nämlich an dem Wagbalken die Ansätze o, o angeschraubt, mit welchen die Klemmen k, k verbunden sind; in diese Klemmen wird das untere Ende der Stahlbänder a, a eingezogen. Das obere Ende derselben wird zunächst durch die Klemmen k', k' festgehalten, welche wieder zwischen Messingstücke m, m eingeschraubt sind; diese Stücke m, m laufen oben in Schrauben aus, die durch das obere Verbindungsstück des Gestelles B, B, B hindurchgehen und an demselben mittelst der Muttern s, s befestigt sind.

Es könnte scheinen, sagt Weber[2]), als ob diese Einrichtung der Feinheit der Wagen schaden müsse, weil die Elasticität der Stahlblätter das Statif und den Wagbalken in einer bestimmten Lage zu einander zu erhalten sucht. Dies ist aber nicht der Fall, wenn die Wage recht construirt wird, weil nämlich auf den Wagbalken zwei Kräfte wirken, die sich compensiren können, nämlich die Elasticität der Stahlblätter und die eigene Schwerkraft der Wage nebst Gewichten. Die Federkraft der Stahlblätter ist nämlich eine Kraft, welche den

---

1) Weber, de tribus novis librarum construendarum methodis commentatio. — Commentationes Societ. Reg. Scient. Gotting. Recent. Vol. VIII. pag. 89. — Göttinger gelehrte Anzeigen. 1837. I. p. 218.

2) l. c.

Wagbalken bei jeder Ablenkung von der horizontalen Lage in diese Lage zurücktreibt. Die Schwerkraft ist dagegen eine Kraft, welche dasselbe nur dann bewirkt, wenn der Schwerpunct tief genug liegt; wenn er aber hoch liegt, das entgegengesetzte bewirkt. Es leuchtet daher ein, dass wenn man den Schwerpunct bei diesen Wagen nur hoch genug legt, zwischen der Federkraft und Schwerkraft eine Compensation müsse hergestellt werden können, wodurch der Grad der Empfindlichkeit nach Belieben abgemessen, und doch jede Kraft vermieden werden könne, welche gleich der Reibung unbestimmter sei.

Weber hat auch die mathematische Theorie der beschriebenen Aufhängungsweise entwickelt; da sich dieselbe jedoch nicht leicht in einem Auszuge geben lässt und das Ganze die Grenzen unseres Aufsatzes überschreiten würde, so verweisen wir in dieser Hinsicht auf die oben citirte Originalabhandlung.

Die Säule.

13. Als Träger der Unterlage für die Drehungsaxe des Wagbalkens dient bei den neueren Wagen eine Säule $A\,A$ (Fig. 1, Taf. I) von Messing oder Rothguss, welche in ihrem Innern hohl ist. Die Form derselben ist im Allgemeinen ein Cylinder oder abgekürzter Kegel. Unten ist diese Säule häufig auf eine kreisförmige oder viereckige Platte $B\,B$ aufgesetzt, welche auf dem Boden des Wagkastens ruht, den wir später näher kennen lernen werden. Durch diese Platte $B\,B$ gehen zwei starke, mit randrirten Köpfen versehene Schrauben S, S hindurch, die eine Correction der genau senkrechten Stellung der Säule vermitteln, indem die eine als Zug-, die andere als Druck-Schraube benützt wird.

Girgensohn hat[1]) bei seinen Wagen die conische Säule d, d (Fig. 1, Taf. III) auf einen prismatischen Fuss ee aufgeschraubt, welcher unten durchbrochen ist; den Zweck dieser Einrichtung werden wir bald zu erörtern Gelegenheit haben.

Das Gestell B, B, B der grossen auf Taf. VII dargestellten Weber'schen Stahlbandwage ist von Eichenholz und besteht aus vier starken Streben, die oben in einem dicken Brette eingelassen und unten durch Zwischenstücke verbunden sind, um dem Ganzen

---

1) Kupffer, Travaux etc. — Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 59. pag. 379.

die nöthige Festigkeit zu ertheilen. In dem als Decke dienenden Brette sind dann, wie wir im vorigen Paragraph gesehen haben, die Träger der Stahlbänder und somit des Wagbalkens befestigt.

Die Correction des Schwerpunctes.

14. In § 4 haben wir gefunden, dass die Empfindlichkeit der Wage dem Abstande des Schwerpunctes von der Drehungsaxe umgekehrt proportional ist. Es wird deshalb mit den Wagen eine Einrichtung in Verbindung gebracht, durch welche dieser Abstand so klein als möglich gemacht werden kann. Zu diesem Zwecke ist nämlich über dem Aufhängungspuncte eine Schraubenspindel *aa* (Fig. 1, Taf. II) mit engem Gewinde in den Wagbalken eingelassen, an welcher zwei als Laufgewichte dienende Muttern *b* und *b'* auf- und abbewegt werden können, wovon die eine *b* die grössere und schwerere, die andere *b'* kleiner und leichter ist. Werden nun diese Gewichte in die Höhe geschraubt, so steigt damit zugleich der Schwerpunct des Wagbalkens in die Höhe; dieser wird tiefer gelegt, wenn die Gewichte herabgeschraubt werden. Durch die Drehung des schwereren Gewichtes wird eine grössere Aenderung der Lage des Schwerpunctes erzeugt, durch die Drehung des leichteren Gewichtes wird dieselbe nur wenig geändert. Man sieht also, wie man durch diese Vorrichtung die Entfernung des Schwerpunctes des Wagbalkens von der Drehungsaxe beliebig verändern und die Wage so empfindlich machen kann als man will.

Man hat damit häufig auch noch eine Einrichtung verbunden, durch welche eine seitliche Verschiebung des Schwerpunctes am Wagbalken ermöglicht wird. Man hat nämlich über der einen Schraubenmutter einen excentrischen Knopf angebracht, durch dessen Drehung um seine Axe die genannte Verschiebung bewerkstelligt wird.

Bei der Weber'schen Stahlbandwage kann die Vorrichtung zur Correction des Schwerpunctes nur unterhalb des Wagbalkens angebracht werden. Diese Correction wird übrigens hier gleichfalls durch ein Laufgewicht *g* (Fig. 1, Taf. VII) bewerkstelligt, welches an einer Schraubenspindel auf- und abbewegt werden kann.

Correction des ungleichen Momentes an beiden Armen des Wagbalkens.

15. Die Richtigkeit der Wage erfordert, wie wir in § 3 gesehen haben, dass die beiden Arme des Wagbalkens gleich lang sind und

gleiche Gewichte haben. Beide Puncte werden in der Regel von dem Verfertiger der Wage so nahe als möglich erfüllt. In Bezug auf den zweiten Punct könnte man zwar der am angeführten Orte aufgestellten Gleichung

$$0 = Q'.BD - Q.AD - p.Da + p'Db$$

auch Genüge leisten, wenn man bei ungleichem Gewichte der beiden Arme an dem leichteren Arme eine schwerere Wagschale anhängen würde als an dem anderen Arme. Es würde jedoch die Wage dann blos für diejenige Temperatur richtig sein, bei welcher sie construirt und berichtiget wurde; bei jeder anderen Temperatur würde nämlich eine Ungleichheit der Momente $p.Da$ und $p'Db$ eintreten und dann die rechte Seite der Gleichung nicht mehr gleich Null sein.

Um übrigens geringe Aenderungen dieser Momente vornehmen zu können, sind an beiden Armen in der Verlängerung der Axe des Wagbalkens Schraubenspindeln *mm* (Fig. 3, Taf. II) eingelassen, auf welchen sie die als Laufgewicht dienende Mutter *g* verschieben lässt und so eine kleine Aenderung der Momente in analoger Weise bewerkstelligt wird, wie wir dies bei der Correction des Schwerpunctes kennen gelernt haben.

Der Zeiger am Wagbalken.

16. Mit dem Wagbalken muss eine Einrichtung verbunden sein, welche mit Sicherheit erkennen lässt, wenn derselbe genau die horizontale Lage einnimmt.

Bei den älteren Wagen ist deshalb an dem Wagbalken *AB* (Fig. 4) in der Verlängerung der Axe desselben ein Index *i* angebracht, welcher an einer unabhängig davon befestigten Scala *ss* erkennen lässt, wenn die Axe des Wagbalkens wirklich genau horizontal steht. Bei den neueren Wagen ist ein langer nach abwärts gerichteter Zeiger senkrecht gegen die Axe des Wagbalkens mit demselben fest verbunden und an der Säule eine Scala befestigt, an welcher sich der Zeiger, wenn der Wagbalken oscillirt, hin und her bewegt.

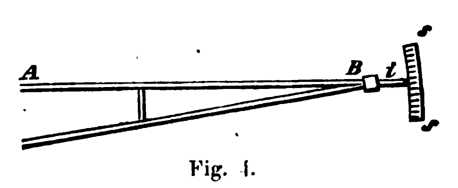


Fig. 4.

Bei den deutschen Wagen ist der Zeiger in der durch Fig. 1 und 2 auf Taf. I dargestellten Weise mit dem Wagbalken verbunden. Die Scala *pp*, welche an der Säule *AA* befestigt ist, besteht aus Elfenbein oder aus einem versilberten Messingstreifen; ihre Theilung ist so eingerichtet, dass der Nullpunct in der Mitte sich befindet und die Bezifferung von da nach beiden Seiten hin fortgeht. Wenn der Wagbalken genau horizontal steht, spielt der Zeiger auf den Nullpunct der Scala ein. Um hierbei einen parallactischen Fehler d. h. den Fehler, welcher durch unrichtige Stellung der Augenaxe gegen die Theilung entsteht, zu vermeiden, hat Pistor[1]) die Theilung auf einem Spiegel angebracht, wo dann die richtige Stellung des Auges gegen die Theilung statthat, wenn der Zeiger mit seinem Bilde im Spiegel genau zusammenfällt.

Bei den Girgensohn'schen Wagen geht der Zeiger im Innern der hohlen Säule *dd* (Fig. 1, Taf. III) herab und wird blos das untere Ende desselben in dem durchbrochenen prismatischen Fusse *ee* sichtbar; in demselben befindet sich die Scala *pp*, an welcher der Ausschlag abgelesen wird.

Bei der Weber'schen Stahlbandwage ist der Zeiger *z* (Fig. 1, Taf. VII) an die Schraubenspindel, an welcher sich das Laufgewicht *g* für die Correction des Schwerpunctes befindet, angeschraubt, so dass er gleichsam eine Verlängerung derselben bildet. Die versilberte Scala *vv* ist an einer Zwischenstrebe *CC* des Gestelles *BBB* befestigt.

Bei der Steinheil'schen Kugelwage [2]) ist mit dem Wagbalken in der Horizontalebene, welche durch die Mittelpuncte der beiden als Drehungsaxe dienenden Kugeln geht, ein Spiegel verbunden, dessen spiegelnde Fläche nach abwärts gerichtet ist. Auf dem Stativtische, im Innern der hohlen Tragsäule, ist eine Scala angebracht, welche in dem am Wagbalken befestigten Spiegel mittelst eines Fernrohres beobachtet wird. Das Fernrohr hat einen Coconfaden, der zur Ablesung dient, und die Schwingungen des Wagbalkens erscheinen so durch das Fernrohr betrachtet als Bewegungen der Scala in analoger Weise wie dies bei den magnetischen Instrumenten stattfindet.

---

1) Dove, über Maass und Messen. 2. Aufl. pag. 157.

2) Dingler's polytechnisches Journal. Bd. 59. pag. 233. — Dove's Repertorium. I. pag. 18. — Polytechnisches Centralblatt. 1835. Nr. 60.

Die Wagschalen.

17. Die Wagschalen *MM* (Fig. 2, Taf. II) sind bei den neueren Wagen meistens runde Teller von Messingblech, dessen Stärke sich nach der Grösse und der Belastungsfähigkeit, welche die Wage erhalten soll, richtet. Auch solche Teller von Glas (Stockuhrgläser), welche einfach in einen messingenen Ring gefasst sind, wurden angewendet[1]), weil die Oxydation des Metalles immer eine unangenehme Sache ist und nie vermieden werden kann, da der Firniss, womit die Schalen überzogen sind, sich mit der Zeit durch das Hineinbringen der zu wägenden Körper und der Gewichte abführt.

Die Wagschalen sind mit ihrer Aufhängungsvorrichtung durch Drähte oder Kettchen verbunden; die Stärke derselben richtet sich wieder nach der Grösse und der Belastungsfähigkeit der Wage. Man wendet bei den mittleren Wagen gewöhnlich Ketten von feinen Drähten an, welche blos aus zwei oder drei Gliedern bestehen, da ihnen leicht ein bestimmtes Gewicht gegeben werden kann und da solche mit vielen kleinen Gliedern nur mühsam zu verfertigen und schwer zu reinigen sind. Schnüre anzuwenden ist unvortheilhaft, weil sie hygroscopisch wirken und ihr Gewicht durch Aufnahme des in der Luft etwa befindlichen Wassers verändern.

Die Schalen werden ganz flach gemacht und bei grossen Wagen mit einem aufgebogenen Rande versehen. Girgensohn, der dabei überhaupt von der gewöhnlichen Construction abgewichen ist, hat dieselben ganz eben gemacht, wie dies die Figuren auf Taf. III u. V zeigen. Tiefe Schalen gestatten vielen Körpern keinen sicheren Stand und sollen deshalb ganz vermieden werden. Selbst bei seichten Schalen kann diese Unsicherheit eintreten und man hat deshalb an dem oberen Theile der Kettchen, wo dieselben mit der Aufhängungsvorrichtung verbunden sind, einen Haken *h* (Fig. 2 u. 3, Taf. II) angebracht, an welchen die zu wägenden Körper noch mittelst feiner Drähte angehängt werden können.

Die Aufhängung der Wagschalen.

18. Aus den in § 3 angestellten Betrachtungen über die Bedingungen für die Richtigkeit der Wage geht hervor, dass der Schwer-

---

1) Z. B. von Steinheil l. c.

punct der Wagschale und des auf ihr befindlichen zu wägenden Körpers vertical unter den Aufhängungspunct der Schale fallen muss. Es muss deshalb bei den Aufhängungsvorrichtungen der Wagschalen die freieste Bewegung ermöglicht sein.

Die bisher angewendeten Einrichtungen dieser Art können wir in mehrere Classen eintheilen; diese sind:

1) **Die Aufhängung in einem Puncte**, und zwar
   a) die Aufhängung mittelst Spitzen,
   b) die Aufhängung in Ringen,
   c) die Kugelaufhängung.
2) **Die Aufhängung in einer Linie**:
   a) die Aufhängung mittelst prismatischer Schneiden,
   b) die Aufhängung mittelst Stahlbänder.

Wir wollen diese verschiedenen Einrichtungen nun näher kennen lernen.

1) Die Aufhängung in einem Puncte.

a) Die Aufhängung mittelst Spitzen.

19. Bei der Aufhängung mittelst Spitzen endigt jeder Arm des Wagbalkens mit einer nach aufwärts gerichteten Spitze; auf diese Spitze wird ein Stück mit einer kugelförmigen oder conischen Vertiefung aufgesetzt, mit dem die Drähte, welche die Wagschalen tragen, verbunden sind. Die Spitze besteht aus wohl gehärtetem Stahle, die Vertiefung aus hartem Steine oder gleichfalls aus Stahl.

Es ist klar, dass hier mit der Zeit und zwar sehr bald eine schädliche Abnützung der Spitze eintreten muss, und dies ist wohl auch der Grund, warum diese Aufhängungsweise keine ausgedehntere Anwendung gefunden hat und gegenwärtig gar nicht mehr angewendet wird.

b) Die Aufhängung in Ringen.

20. Weit häufiger kommt die Aufhängung der Wagschalen in einem Ringe vor, wie sie Fig. 5 darstellt. Jeder Arm des Wagbalkens A endigt[1]) nämlich mit einem Ringe r von gehärtetem Stahle, welcher nach innen prismatisch zugeschärft ist. In diesen Ring wird ein Haken h eingehängt, welcher gleichfalls prismatisch zugeschärft ist und der die Wagschalen trägt.

---

1) Karsten, Encyclopädie. I. pag. 582.

So richtig diese Aufhängungsweise wieder vom theoretischen Standpuncte aus ist, so tritt dabei doch auch sehr bald die bereits im vorigen Paragraphen erwähnte gegenseitige Abnützung der gekreuzten Schneiden ein, wodurch Unrichtigkeiten entstehen. Will man deshalb diese Aufhängung anwenden, so ist es jedenfalls rathsam, den Ring und den Haken nicht ganz scharf zu machen, sondern dieselben blos abzurunden.

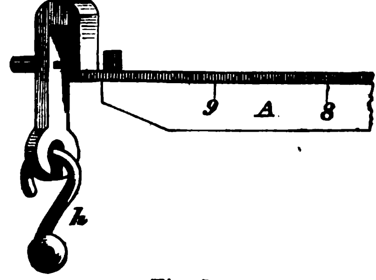


Fig. 5.

c) Die Kugelaufhängung.

21. Steinheil hat die Kugelaufhängung, welche wir in § 11 bei der Aufhängung des Wagbalkens kennen gelernt haben, auch für die Wagschalen in Anwendung gebracht.[1]) Es geht nämlich am Ende eines jeden Armes des Wagbalkens durch denselben von unten nach oben eine Schraube hindurch, welche mit einer Kugel endigt. Die Mittelpuncte dieser beiden Kugeln und der Kugeln, welche die Drehungsaxe des Wagbalkens bilden, liegen in einer horizontalen Ebene, wenn die Wage sich im Gleichgewichte befindet. Die Wagschalen sind an den Kugeln in kleinen Rahmen aufgehängt. Diese Rahmen haben da, wo sie auf den Endkugeln aufgesetzt werden, kleine Hohlspiegelchen von glashartem Stahle, die aus dem Puncte geschliffen sind, in welchem die ganze Schwere der Schale hängt. Durch diese Vorrichtung bilden die Hohlspiegelchen in dem Berührungspuncte an den Endkugeln stets in aller Schärfe horizontale Tangenten, auch während der Schwingungen der Wage. Dadurch ist erlangt, dass bei einer bestimmten Neigung des Wagbalkens beide Arme desselben vollkommen gleich lang werden, wenn sie es ursprünglich auch nicht sein sollten, und dass sich diese Länge nicht ändert, man mag den zu wägenden Körper in die Mitte oder an den Rand der Schale legen. Der Punct, in welchem bei dieser Lage der Spinnfaden die Scala abschneidet, ist der Nullpunct der Wage.

Girgensohn hat die Steinheil'sche Schalenaufhängung bei der grossen für Kupffer verfertigten Wage in der Weise angebracht[2]),

---

1) Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 59. pag. 233 etc.
2) Kupffer, Travaux etc. II. pag. 354.

wie dies Taf. VI darstellt. Am Ende eines jeden Armes des Wagbalkens befindet sich eine nach aufwärts gerichtete Halbkugel von Achat, auf welche die kugelförmige Vertiefung der Achatplatte *h* aufliegt. Diese Platte wird durch einen Bügel getragen, deren unteres Verbindungsstück in seiner Mitte eine conische Vertiefung besitzt. In diese conische Vertiefung ist die wohl gehärtete Stahlspitze des Hakens *k* eingehängt, mit welchem der Bügel *m* als Träger der Wagschalen verbunden ist. Es wird dadurch der Vortheil erzielt, dass die Schalen bei jeder Belastung und bei jeder Lage der Gewichte stets auf denselben Punct ihren Druck ausüben.

2) Die Aufhängung in einer Linie.

a) Die Aufhängung mittelst Schneiden.

22. Weitaus am häufigsten kommt die Aufhängung der Wagschalen mittelst prismatischer Schneiden vor, wodurch der Vortheil einer geringeren Abnützung erzielt wird, da hierbei der Druck auf eine Linie vertheilt ist.

Bei den Wagen von Staudinger, Lieberich, Stollnreuther und Anderen ist diese Aufhängungsweise in der Art angebracht, wie sie Fig. 2 u. 3, Taf. II darstellt.[1]) An das Ende des Wagbalkenarmes ist das Stahlstück *ss* angeschraubt, welches in einen Haken *k* ausläuft, der mit einer nach aufwärts gerichteten prismatischen Schneide endigt. Ueber diese Schneide ist der Rahmen *R* gehängt, welchen Fig. 4, Taf. II von der Seite gesehen darstellt. In dem oberen Theile dieses Rahmens befindet sich ein Achatstück *a*, welches unten, wo es auf der Schneide aufliegt, cylindrisch oder prismatisch ausgehöhlt ist. An dem unteren Theile des Rahmens *R* ist der Ring *r* drehbar befestigt, in welchen die Wagschale eingehängt wird, wie dies Fig. 2 zeigt.

Das Stahlstück *ss* ist mittelst der Schrauben *v*, *v* an dem Wagbalken angeschraubt. Dabei sind aber die Löcher in dem Stücke *ss*, durch welche die Schrauben *v*, *v* hindurchgehen, etwas erweitert, so dass eine kleine Verschiebung des Stückes *ss* möglich wird und dadurch die gleiche Länge der Arme des Wagbalkens etwas corrigirt,

---

1) Die Figg. 2, 3, 4, 5 u. 6 auf Taf. II sind nach einer im physikalischen Cabinete der hiesigen Universität befindlichen Staudinger'schen Wage gezeichnet.

sowie durch Unterlegen eine Verstellung der Schneiden bewirkt werden kann.

23. Als sehr zweckmässig empfiehlt Buff[1]) das in Fig. 5, 6 u. 7 auf Taf. I in natürlicher Grösse gezeichnete Aufhängungssystem, welches Hoss bei seinen Wagen in Anwendung bringt. Die stählernen Haken, woran die Schalen aufgehängt werden, haben (Fig. 6) eine beträchtliche Breite, damit das Gewicht der Schale auf mehreren Puncten der Schneide ruht, und letztere also weniger abgenutzt wird. Um nun aber die Haken zu verhindern, an den Seiten des Wagbalkens anzustreifen, wodurch die freie Beweglichkeit leiden müsste, besteht die Schneide aus zwei Stücken, die an den zugekehrten Seiten von unten so ausgeschnitten sind (Fig. 7), dass sie nach oben spitz zulaufen. Zwischen diesen Spitzen ist gerade soviel Spielraum gelassen, um einer dünnen Messingscheibe, welche in der Mitte des Hakens angebracht ist, freie Bewegung zu gestatten. Durch diese Anordnung ist eine Verrückung des Hakens unmöglich gemacht. Um die Länge der Hebelarme bequem justiren zu können, sind die stählernen Endstücke *lm*, an welchen sich die Schneiden befinden, beweglich gemacht. Zur Verrückung dient die Schraube *n*, deren Gewinde in den Wagbalken eingeschnitten ist und die zugleich in eine Vertiefung des beweglichen Endstückes eingreift. Auf derselben Stahlplatte *lm* sitzt ein Stift *s*, der mit etwas Spielraum in eine entsprechende Vertiefung des Wagbalkens eingeht. Mittelst der Schraube *m'* und einer ähnlichen auf der hinteren Seite des Wagbalkens lässt sich der Stift um etwas Weniges verrücken, wodurch es möglich wird, den etwa fehlenden Parallelismus der drei Schneiden leicht und mit Sicherheit herzustellen.

24. Girgensohn gab dem Bügel, womit die Schalen an den Schneiden aufgehängt werden, die Form *y*, wie sie Fig. 2, Taf. III zeigt. In dem unteren Verbindungsstücke dieses Bügels befindet sich eine conische Vertiefung, in welche der Haken *w* (Fig. 1) mittelst einer wohl gehärteten Stahlspitze eingehängt wird; der Haken *w* ist der Träger der Wagschalen. Die Pfannen selbst, welche auf den Schneiden aufliegen, sind sehr klein ausgehöhlte Rinnen, die in der Mitte durchgefeilt sind, damit nur die Enden der Pfannen auf jeder Schneide

1) Buff, Grundzüge der Experimentalphysik. pag. 81.

ruhen. Wenn so die Schneide auch nicht vollkommen gerade geschliffen wäre, so müssten die Pfannen doch immer in zwei Puncten, also in einer geraden Linie, unveränderlich aufliegen.

Um zu untersuchen, ob die beiden Schneiden an den Enden des Wagbalkens mit der als Drehungsaxe dienenden Schneide in der Mitte desselben in einer horizontalen Ebene liegen, wählte Girgensohn folgende Methode[1]): Man äquilibrirt den Wagbalken (ohne angehängte Schalen und Pfannen) vermittelst des oberen Laufgewichtes v, v in der Art, dass der Balken in mehreren Lagen stehen bleibt, und so der Schwerpunct des Balkens in die Drehungsaxe fallen wird. Waren jetzt die Schneiden in einer Ebene, so musste der Balken nach angehängten Schalen und aufgelegten Gewichten, wenn dieselben abgeglichen werden, wieder in mehreren Lagen stehen bleiben, weil der Schwerpunct in Hinsicht des Balkens nicht im Geringsten verrückt wird. Wenn es gelingt, diese Bedingung vollkommen zu erreichen, so ist dies zugleich der Beweis, dass der Balken sich durch die aufgelegten Gewichte nicht biegt. Ist aber die Drehungsaxe oberhalb der Ebene, welche die beiden Endschneiden verbindet, so wird der Schwerpunct heruntergerückt, und der Balken wird sich nur in einer Lage einstellen oder oscilliren, im umgekehrten Falle aber wird kein stabiles Gleichgewicht vorhanden sein, der Balken sich um 180° umzudrehen suchen und also überschlagen, wie man zu sagen pflegt; durch vorsichtiges Biegen über die Kanten wird es bald gelingen, die drei Schneiden in eine Ebene zu bringen.

25. Um die parallele Stellung der drei Schneiden zu prüfen und zu berichtigen, hat Gauss das folgende Verfahren angegeben[2]): Bei den Schwingungen des Wagbalkens verändert die zu prüfende äussere Schneide zwar ihre Lage im Raume; diese verschiedenen Lagen sind aber alle unter einander parallel, wenn die Schneide mit der (ruhenden) mittleren parallel ist. Anders verhält es sich dagegen, wenn die äussere Schneide der mittleren nicht parallel ist. Nehmen wir, um die Vorstellung zu fixiren, an, dass die äussere Schneide zwar mit der mittleren in Einer Ebene liege, dass aber die Richtungen der beiden Schneiden abwärts vom Beobachter divergiren. In diesem Falle wird bei dem Spiele des Wagbalkens die äussere Schneide sich

1) Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 72. pag. 382.
2) Göttinger gelehrte Anzeigen. 1837. Bd. I. pag. 401.

auf einer Kegelfläche bewegen; ihr abwärts gekehrtes Ende wird, relativ gegen das nähere Ende, steigen oder sinken, sowie der Hebelarm, an welchem diese Schneide sich befindet, steigt oder sinkt. Dasselbe wird von dem die Schneide selbst berührenden Tragstücke gelten.

Welcher von beiden Fällen nun stattfinde, lässt sich erkennen, wenn auf dem Tragstücke ein Planspiegel befestigt ist. Am vortheilhaftesten ist es, diesen Spiegel so anzubringen, dass seine Ebene nahe senkrecht zu der Schneide ist, obwohl man darin nicht allzu ängstlich zu sein braucht. In dem ersten der beiden Fälle bleibt der Spiegel während des Spieles des Wagbalkens sich selbst parallel, im zweiten nicht; im ersten Falle wird also das Bild eines in schicklicher Entfernung von dem Spiegel sich befindenden Gegenstandes unverrückt bleiben, im zweiten hingegen mit dem betreffenden Hebelarme sinken oder steigen. Das Umgekehrte würde stattfinden, wenn die beiden Schneiden anstatt abwärts vom Beobachter zu divergiren, convergirten, es würde dann nämlich mit dem Steigen des Wagbalkens ein Sinken des Bildes und umgekehrt verbunden sein.

Nun lässt sich, wenn der Spiegel ein sehr vollkommener ist, selbst eine äusserst kleine Verrückung des Bildes sicher und scharf mit einem Fernrohre erkennen. Gauss gebrauchte als Gegenstand eine etwa fünf Meter vor dem Spiegel vertical aufgerichtete, in Millimeter eingetheilte Scala; das 35 Mal vergrössernde Fernrohr stand in nahe eben so grosser Entfernung. Es erschien so das Bild eines Millimeters etwa 20 Secunden gross, woran man noch Zehntel schätzen kann. So lange die Schneide noch nicht vollkommen berichtiget war, ging das Bild der Scala an dem Fadenkreuze auf und ab, wie der Wagbalken seine Schwingungen machte.

Für mathematisch gebildete Leser bedarf es blos der Andeutung, dass auf diese Weise nicht blos erkannt werden kann, nach welcher Seite eine Diverganz stattfindet, sondern auch hinreichend genau, wie gross dieselbe ist, wodurch verbunden mit der Kenntniss der Weite der Correctionsschrauben das Correctionsgeschäft in einen sicheren Gang gebracht wird.

Der Vollständigkeit wegen mögen noch ein paar andere Umstände hier erwähnt werden. Wenn man einen etwas grossen Spiegel verwendet — der von Gauss gebrauchte, auf das Tragstück mittelst einer eigenen Vorrichtung befestigte hatte 75 Millimeter Höhe —, so

ist es nothwendig, die Schalen mit hinlänglich schweren Gewichten zu belasten, weil sonst das Tragstück selbst umschlagen würde.

Es ist oben vorausgesetzt, dass die zu prüfende äussere Schneide mit der mittleren in Einer Ebene liegen, also, wenn man die mittlere genau horizontal gestellt hat, bei horizontalem Stande des Wagbalkens gleichfalls horizontal sei, und nur etwa seitwärts divergire. Gewöhnlich wird aber diese Voraussetzung auch nicht in äusserster Schärfe stattfinden, sondern die äussere Schneide bei jener Stellung etwas geneigt, oder das eine Ende etwas höher sein können, als das andere. Man erkennt dies, bei der beschriebenen Prüfungsmethode, daran, wenn beim Steigen des Wagbalkenarmes das Spiegelbild sich zugleich seitwärts, und beim Sinken nach der entgegengesetzten Seite bewegt. Inzwischen muss bemerkt werden, dass dieser Fehler, wenn er vorhanden ist, an einer Wage von einem geschickten Künstler jedenfalls viel zu klein sein wird, um noch einen merklichen Fehler in den Resultaten der Wägungen hervorzubringen, und dass man daher auch bei den besten Wagen keine Correctionsmittel zur Wegschaffung dieses Theiles des Nichtparallelismus angebracht hat.

b) Die Aufhängung mittelst Stahlbänder.

26. Die Weber'sche Aufhängungsweise vermittelst elastischer Stahlbänder, welche für die Aufhängung des Wagbalkens bereits in § 12 behandelt wurde, ist auch für die Wagschalen in Anwendung gebracht worden. Bei der von Stöhrer ausgeführten Stahlbandwage, welche Taf. VII darstellt, ist an dem Wagbalken das federnde Stück *n* angeschraubt, welche mit einer Klemme *p* endigt. In diese Klemme ist das Stahlband *a* eingeklemmt; am anderen Ende desselben befindet sich eine zweite Klemme *l*, die mit einer runden Oeffnung versehen ist, in welche die Wagschale eingehängt wird.

Um die Gleichnamigkeit des Wagbalkens corrigiren zu können, geht durch die Klemme *p* die Schraube σ zum Wagbalken *A*. Durch Anziehen oder Lösen derselben wird der Aufhängungspunct der betreffenden Schale der Drehungsaxe in der Mitte des Wagbalkens genähert oder von ihr entfernt.

Die Arretirung.

27. Würde man die Drehungsaxe des Wagbalkens stets mit ihrer Unterlage in Verbindung lassen, so würde sehr bald eine nachtheilige

gegenseitige Abnützung eintreten. Man bringt deshalb eine Vorrichtung an, wodurch es möglich wird, für diejenige Zeit, während welcher die Wage nicht im Gebrauche ist, die Drehungsaxe des Wagbalkens ausser Verbindung mit ihrer Unterlage zu setzen; eine solche Vorrichtung heisst die Arretirung des Wagbalkens.

Auch die Aufhängungsvorrichtungen der Wagschalen würden sehr bald an Güte verlieren, wenn man stets das ganze Gewicht der Schale daran wirken liesse; man bringt deshalb, wenn die Wage nicht im Gebrauche ist, unter die Schalen eine Unterlage in solcher Höhe an, dass dadurch der Zug der Wagschalen gegen ihre Aufhängungsvorrichtung aufgehoben oder doch sehr vermindert wird. Diese Einrichtung heisst die Arretirung der Schalen.

28. Schon Hauff hat bei seiner von Schmidt beschriebenen[1]) Wage eine Vorrichtung angebracht, bei welcher die Unterlage, auf der die Schneide des Wagbalkens ruht, durch eine Schraube für den Fall gesenkt wird, dass die Wage nicht im Gebrauche ist, wodurch zugleich zwei andere Stellen der Schneide auf eine zweite Unterlage gesetzt werden.

Mendelsohn hat[2]) mittelst einer excentrischen Scheibe die Unterlage der Schneide des Wagbalkens von dieser abgehoben. Es geht nämlich durch die Säule seiner Wage ein prismatischer Stab, auf welchem oben die als Unterlage der Schneide dienenden Achatplatten befestigt sind. Unten liegt der Stab auf einer excentrischen Scheibe auf, mit welcher ein Schlüssel verbunden ist, durch dessen Drehen die Achatplatten gesenkt und so ausser Berührung mit der Schneide gebracht werden.

29. Bei den neueren deutschen Wagen wird meistentheils die in Fig. 2, 3, 4, Taf. I dargestellte Arretirung des Wagbalkens angebracht, welche Oertling zuerst angewendet hat.[3]) Die prismatische Schneide *bb* ruht während des Gebrauches der Wage auf den beiden Achatplatten *aa*, welche mit der Säule der Wage unverrückbar fest verbunden sind. Diese feste Unterlage ist von einem auf und nieder beweglichen Rahmen *dd* umgeben, der mit einer Stange im Innern

---

1) Voigt, Magazin. Bd. IX. Stück 3. pag. 76.
2) Gilbert's Annalen. XXIX. pag. 156.
3) Buff, Grundzüge der Experimentalphysik. pag. 81.

der Säule zusammenhängt, mittelst einer excentrischen Scheibe im Fusse der Säule gehoben werden kann, und durch eine Spiralfeder am oberen Ende der Stange herabgedrückt wird. In dem Rahmen befinden sich vertical unter den beiden Enden der Stahlschneide zwei Einschnitte, welche dazu dienen, die Schneide, wenn man den Rahmen hebt, aufzunehmen und von ihrer Achatunterlage abzuheben; zugleich greifen die Arme *cc* eines Querstückes *gg* unter entsprechende Stellen des Wagbalkens, wodurch dieser festgehalten wird.

30. Girgensohn hat bei der kleinen für Kupffer verfertigten und auf Taf. V dargestellten Wage[1]) anstatt der excentrischen Scheibe einen Hebel angewendet. Die Stange *p*, welche sich hier ausserhalb der Säule der Wage befindet, trägt oben eine Gabel; unten steht dieselbe auf dem einen Arme des Hebels *rr* auf. Auf dem anderen Arme dieses Hebels sitzt die Schraube *a* auf. Wird diese nach abwärts gedreht, so geht die Stange *p* in die Höhe und die an derselben befindliche Gabel hebt den Wagbalken und damit dessen Drehschneide von deren Unterlage ab. Die Gabel greift dabei in die Knöpfe *d*, *d* ein, deren zwei auf jeder Seite des Wagbalkens sich befinden, so dass die ganze Operation sicher vor sich geht.

Um die Wagschalen arretiren zu können, befinden sich unter dieser Wage zwei Hebel, welche so zusammenstossen, dass die Schraube *b* auf beiden Hebeln zugleich aufsitzt. Auf den anderen Armen dieser Hebel sitzen die Träger der unterhalb der Wagschalen befindlichen Teller *h*, *h* auf. Jeder dieser Teller trägt oben drei gleiche Ansätze *g*, *g*, *g* und in der Mitte einen Knopf *f*. Wenn nun durch Abwärtsdrehen der Schraube *b* die Teller in die Höhe gehoben werden, so legen sich zuerst die Knöpfe *f*, *f* an die Wagschalen an; allein diese Knöpfe sind mit Federn versehen, so dass sie dem Gewichte der Schalen nachgeben und dieselben so blos festhalten, ohne sie in die Höhe zu heben. Man kann auf diese Weise die Schalen arretiren, ohne dass eine Verrückung der Aufhängungsvorrichtungen *k*, *k* statthat, deren geringste Veränderung einen nachtheiligen Einfluss auf die Wägungen ausüben kann, wenn die drei Schneiden der Wage nicht ganz genau einander parallel sind.

31. Sehr zweckmässig ist die von Girgensohn bei der auf

---

1) Kupffer, Travaux etc. II. pag. 16.

Taf. III dargestellten Wage in Anwendung gebrachte Arretirung [1]; er beschreibt sie selbst folgendermassen: Unterhalb des Wagbalkens *aa* ist ein zweiter Balken *bbbb* (der sogenannte Hilfsbalken) angebracht, der sich durch zwei parallele stählerne Stangen *cc*, die oben bei *dd* und unten bei *e' e'* in gleich weit von einander abstehenden Oeffnungen laufen, hinauf und hinunter bewegen lässt. Diese Stangen *cc* müssen an den Enden genau cylindrisch gedreht und sehr parallel gestellt sein. Unten sind diese Stangen durch ein Querstück *rr* und oben durch den Hilfsbalken vereinigt. Der Hebel *q'*, Fig. 2 u. 4, dient dazu, vermittelst der Schraube *o* den Hilfsbalken hinauf und hinunter zu bringen. Bei *x' x'* trägt der Hilfsbalken zwei stählerne Säulchen auf jeder Seite, auf der hinteren Seite mit flachen Enden, auf der vorderen Seite aber das eine Säulchen mit einer conischen Vertiefung, und das andere mit einer dreieckigen Rinne dem Balken parallel. Diesen Säulchen entsprechend sind im Balken zugespitzte Schrauben *t' t'* angebracht, welche sich schwer in ihrem Gewinde drehen. Es ist klar, dass wenn der Hilfsbalken gehoben wird, die vorderen Schraubenspitzen in die Vertiefung der Säulchen einfallen, während die hinteren nur aufliegen werden. Dadurch kann der Wagbalken in keiner Richtung ausweichen, und wird bei jedesmaligem Abheben und Herunterlassen in dieselbe Stellung kommen, und zwar wird er sich sehr genau einstellen, da die Enden der Säulchen und der Schraubenspitzen glashart und sehr glatt geschliffen sind. Zur grösseren Sicherheit hat die conische Vertiefung des einen Säulchens im Centrum ein kleines Löchelchen, und bei dem dreieckigen Einschnitte des anderen Säulchens ist die gegenüberstehende Schraubenspitze etwas abgestumpft. Da alle Schrauben sich stellen lassen, so wird man mit der grössten Leichtigkeit bewirken können, dass die Schneide sich parallel auf das Hypomochlion aufsetzt, und zugleich dem Balken eine solche Lage geben können, dass der Zeiger auf Null steht, wenn die Schneiden in horizontaler Linie liegen. An jedem Ende des Hilfsbalkens sind zwei Gabeln *b' b'*, Fig. 1, 2 u. 3, vorhanden, welche eben solche Säulchen von Stahl *xx* wie der Hilfsbalken tragen, nur dass hier auf jeder Seite das eine Säulchen oben eine conische Vertiefung, das andere einen transversalen Einschnitt hat. Der Pfannenträger *y* hat zwei zugespitzte Schrauben *t, t*, welche

1) Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 72. pag. 381.

in diese Vertiefung fallen, und dadurch werden sich diese Pfannenträger immer in derselben Lage auf den Balken aufsetzen. Zur näheren Erläuterung der Nothwendigkeit dieser Einrichtung sei es erlaubt, einiges zu bemerken.

Es sei e, f (Fig. 5) die Axe des Balkens, ab und cd die zwei Endaxen, so würde man, wenn bei horizontaler Lage die Schwerpuncte der Pfannenträger in g und h, und der Schwerpunct des Balkens in i fielen, so lange justiren müssen, bis $ig = ih$. Es kann aber diese gleiche Länge der Arme bei nicht parallelen Endschneiden nur so lange bestehen, als die Pfannen oder der ganze Balken sich durchaus nicht seitwärts verschieben, in welchem Falle sich die Arme sogleich in der Länge ändern würden. Denn gesetzt, der Punct g werde nach k gerückt, und der Punkt h nach n, so wird $kp > on$, d. h. die Arme sind ungleich lang.

Angenommen also, dass die drei Schneiden nicht parallel wären, und man würde sie so berichtigen, dass die drei Schneiden in einer horizontalen Ebene liegen, und es würden die Pfannen immer auf derselben Stelle aufgesetzt werden, so müsste die Wage nothwendig bei mehreren Wägungen dieselben Resultate geben, da alle beweglichen Theile so bleiben, als ob sie nicht verstellt worden wären.

Die Schrauben t, t der Pfannenträger müssen so gestellt sein, dass wenn der Hilfsbalken in die Höhe bewegt wird, zuerst der Pfannenträger und dann erst der Balken aufgehoben wird.

32. Bei der Weber'schen Stahlbandwage wird die Wagschale beim Einlegen der zu wägenden Körper mittelst der auf Taf. VII, Fig. 3 dargestellten Vorrichtung unterstützt. In einem hölzernen Kasten AA befindet sich der Hebel ac, dessen Hypomochlion bei h liegt. Der eine Arm a trägt die Stütze des Tellers r, welcher unter die Wagschale zu stehen kommt; auf den anderen Arm wirkt bei c die Schraube s, die mittelst der Handhabe CC bequem gedreht werden kann. Wird nun diese Schraube nach abwärts gedreht, so geht der Teller r in die Höhe und es kann auf diese Weise die Wagschale leicht unterstützt werden.

Der Kasten.

33. Ein mit so grosser Sorgfalt construirtes Instrument wie die Wage muss, schon um die Gefahren einer Verletzung zu verhüten, gehörig geschützt werden. Es geschieht dies dadurch, dass man die-

selbe in einen zweckmässig construirten Kasten bringt, womit dann zugleich der Vortheil erzielt wird, dass stärkere Luftbewegungen ausgeschlossen werden, welche denn auch für die Genauigkeit der Wägungen sehr nachtheilig sein würden.

Ein Hauptpunct, welcher bei der Construction des Kastens zu berücksichtigen ist, besteht darin, dass es nicht nothwendig wird, während des Gebrauches die Wage aus dem Kasten nehmen zu müssen; dabei muss derselbe aber so eingerichtet sein, dass man bequem zu den einzelnen Theilen der Wage gelangen kann. Die gewöhnlich in Anwendung gebrachte Form ist deshalb ein viereckiger Holzkasten, dessen Vorderwand und Seitenwände Glasthürchen bilden. Unten ist der Kasten noch mit kleinen Schubladen versehen, welche zum Aufbewahren der Gewichte und anderer nothwendiger Utensilien dienen.

Um die Luft im Innern des Kastens beständig trocken zu erhalten und so eine Oxydation der Metalltheile zu verhüten, stellt man auf den Boden des Kastens eine sehr hygroscopische Substanz z. B. Chlorcalcium, wodurch der Luft die Feuchtigkeit entzogen wird.

34. Die Säule der Wage muss genau vertical stehen. Damit man sich von der Erfüllung dieser Bedingung beständig überzeugen könne, ist mit der Säule ein Loth verbunden, wie dies Fig. 2, Taf. I zeigt, oder es wird auf deren Unterlage eine Libelle aufgesetzt. Im letzteren Falle wird vorausgesetzt, dass die Säule von vornherein auf ihrer Unterlage senkrecht stehe. Um die richtige Stellung jeden Augenblick corrigiren zu können, ist entweder die Unterlage der Säule selbst ein Dreifuss (dies ist die ältere Einrichtung) oder häufiger sind am Bodenbrette des Wagkastens drei Stellschrauben befestigt. Die Spitzen dieser Stellschrauben stehen in den conischen Vertiefungen dreier kreisrunder Platten, welche einfach auf die Unterlage des Wagkastens aufgelegt werden. Es wird dann mittelst einer Libelle zunächst die Bodenplatte des Kastens genau horizontal und hierauf gegen diese die Säule genau vertical gestellt, wozu das Loth (Fig. 2, Taf. I) und die beiden Schrauben S, S (Fig. 1) dienen.

Die Unterlage des Wagkastens soll möglichst fest sein und darf auch keinerlei Erschütterungen ausgesetzt werden. Zu diesem Zwecke wird der Kasten entweder auf eine Mauer im Wagzimmer aufgestellt oder es wird mit einer solchen ein starkes Brett verbunden, auf welches der Wagkasten zu stehen kommt.

Die Gewichte.

35. Das Material, woraus die Gewichte verfertigt sind, richtet sich nach der Grösse derselben. Die grösseren bestehen nämlich aus Messing oder Rothguss, die kleineren aus Platinblech. Hare hat für die kleinen Gewichte auch die Anwendung von Paladiumdraht vorgeschlagen.[1]) Ferner ist Aluminium und auch Bergkrystall angewendet worden.

Die Form der grösseren Gewichte ist die eines Cylinders oder eines abgekürzten Kegels, welcher oben einen Knopf trägt, der zum bequemen Anfassen dient.

Die kleinen Gewichte sind einfach viereckige Blechstücke, deren eines Eck umgebogen ist, um das Anfassen zu erleichtern. Silbermann hat,[2]) um die kleinen Gewichte sogleich von einander unterscheiden und so ihren Werth an ihrer Form erkennen zu können, die in Fig. 7, Taf. III dargestellte Form für dieselben vorgeschlagen. Das Grammgewicht besteht, wie gewöhnlich aus einem quadratischen Blechstücke; das Halbgramm ist die Hälfte dieses Quadratstückes, im Sinne der Diagonale genommen. Das Zweidecigramm-Stück ist ziemlich doppelt so gross als das quadratische Eindecigramm-Gewicht; das Halbdecigramm oder Fünfcentigramm-Stück wird, entsprechend dem Fünfdecigramm-Stücke, durch den Diagonalschnitt des Decigramm-Stückes gebildet, und so fort für die anderen Unterabtheilungen.

Es ist nicht zweckmässig, die Gewichte mit der blossen Hand auf die Wagschale zu bringen, da das Anfassen mit der Hand leicht eine Beschmutzung und dadurch eine Veränderung ihrer Richtigkeit verursacht. Man gibt deshalb den Gewichten eine Pincette bei, mittelst welcher dieselben auf die Wagschalen gebracht werden.

Selbst bei der grössten Vorsicht kann sich an den Messinggewichten mit der Zeit eine Oxydschicht ansetzen, wodurch dieselben schwerer werden. Reinigt man sie dann, so werden sie, da etwas vom Metalle mitgenommen wird, wieder zu leicht. Um diesen Missstand ausgleichen zu können, hat man vielfach die grösseren Gewichte so eingerichtet, dass der Knopf derselben abgeschraubt werden kann

1) Report of the Smithsonian Institution. 1858. pag. 426.

2) Bulletin de la Société d'Encouragement. 1864. Févr. pag. 87. — Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 174. pag. 376.

und sich darunter ein leerer Raum befindet. Durch Einlegen kleiner Metallspänchen in diesen hohlen Raum wird es möglich, das zu leichte Gewicht wieder genau zu berichtigen.

Eine systematisch zusammengestellte Reihe von Gewichten nennt man einen Satz Gewichte. Dieselben befinden sich der Reihe nach geordnet, in einem Kästchen, wenn sie nicht gebraucht werden, wie dies Fig. 6, Taf. III zeigt. Die grösseren cylindrischen Gewichte liegen in entsprechenden Vertiefungen, die kleinen viereckigen liegen in einzelnen Fächern, welche gemeinsam durch eine Glasplatte geschlossen werden können, wodurch das Durcheinanderfallen der Gewichte verhindert wird. Ausserdem befindet sich in dem Gewichtskasten noch ein geeigneter Raum zur Aufnahme der Pincette.

36. Wollte man bei der Wägung die Ausgleichung sehr kleiner Gewichtsdifferenzen durch Gewichtsstücke bewerkstelligen, so würde hiebei der Missstand eintreten, dass beim Wechseln der kleinen Blechstücke oder Drähte die Glasthüren des Wagkastens geöffnet werden müssen, wodurch Luftströmungen verursacht werden können, welche ein vollständiges Ausgleichen der Gewichtsunterschiede zum wenigsten sehr mühsam machen würden. Man kann diesen Uebelstand in dreifacher Weise beseitigen:

entweder man beobachtet den Ausschlag des Zeigers und berechnet daraus den vorhandenen Gewichtsunterschied,

oder man wendet die von Berzelius herrührende[1]) Reiterverschiebung an,

oder endlich man bedient sich des sogenannten Präcisionsbogens.

Da es sich in dieser Abhandlung zunächst blos um die mechanischen Einrichtungen der Wage handelt, so sollen die beiden letzteren Verrichtungen näher erörtert werden. In Bezug auf den ersten Punct verweise ich auf eine spätere Abhandlung, welche das Wägen näher behandeln soll.

Die Reiterverschiebung.

37. Bei der Berzelius'schen Reiterverschiebung wird jeder Arm des Wagbalkens durch verticale Striche in 10 gleiche Theile eingetheilt und zugleich der Wage eine Anzahl von Häkchen aus Platin- oder Silberdraht beigegeben, deren Gewicht genau ein Centigramm beträgt

1) Berzelius, Chemie. IV. 2. Abthl.

und die so umgebogen sind, dass sie auf dem Wagbalken aufgesetzt werden können, ohne herabzufallen, wesshalb sie auch Reiterchen genannt werden. In dem Gewichtskasten, der auf Taf. III, Fig. 6 dargestellt ist, sieht man mehrere solcher Reiterchen neben den kleinen Blechgewichten liegend.

Wird nun eines dieser Reiterchen an dem 1., 2., 3. Theilstriche (von der Drehungsaxe aus gerechnet) auf den Wagbalken aufgesetzt, so hat man dieselbe Wirkung, als wenn in die Wagschale ein Gewicht von 1, 2, 3 Milligrammen gelegt worden wäre. Ist der Wagbalken hinlänglich lang, so kann man jedes der genannten Intervalle wieder in 10 gleich lange Unterabtheilungen eintheilen und erhält dann noch Zehntel von Milligrammen.

Um nun das Reiterchen auf den Wagbalken aufsetzen zu können, ohne den Glaskasten öffnen zu müssen, ist in demselben hinter dem Wagbalken und parallel mit diesem ein prismatischer Messingstab *AA* auf die in Fig. 5 u. 6, Taf. II angezeigte Weise befestigt. Auf diesem Stabe sitzt der Schlitten *BB* auf, welcher mit der cylindrischen Messingstange *CC* fest verbunden ist und mittelst des randrirten Knopfes *D*, der sich ausserhalb des Wagkastens befindet, dem Stabe *AA* entlang, verschoben werden kann. Zugleich kann die Stange *CC* um ihre Axe gedreht werden. Dieselbe trägt in ihrem innerhalb des Kastens befindlichen Ende einen Ansatz von der Form *S* (Fig. 6), welcher oben mit zwei kleinen Stiftchen *a*, *a* (Fig. 5) versehen ist, an die das Reiterchen angehängt wird. Man sieht so leicht ein, wie mittelst dieser Vorrichtung das Reiterchen an jedem beliebigen Puncte des Wagbalkens auf diesen aufgesetzt und wieder davon entfernt werden kann.

38. Die beschriebene Reiterverschiebung hat den Nachtheil, dass, wenn der Schlitten und die prismatische Stange nicht ganz sorgfältig gearbeitet sind, eine Ungleichmässigkeit in der Bewegung und selbst ein Anhaften oder Klemmen an den einzelnen Stellen stattfindet. Landsberg hat[1]) deshalb der Reiterverschiebung eine etwas veränderte Construction gegeben, welche er selbst folgendermassen beschreibt.

Fig. 7 und 8 auf Taf. II zeigen diese Vorrichtung, wie sie für die kleinen analytischen Wagen ausgeführt wird, in etwa $^1/_2$ der natürlichen Grösse. Sie besteht zunächst aus den cylindrischen Stahl-

---

1) Mittheilungen des Hannöver'schen Gewerbevereines. 1859. pag. 356. — Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 156. pag. 101.

stangen *A* und *B*. Die erstere ist zwischen dem winkelig gebogenen Metallstück *D* und dem Scheibchen *E* unverrückbar an dem Wagkasten befestigt. Die längere Stange *B* dagegen ist verschiebbar und drehbar, und findet in den genannten Messingtheilchen *D* und *E* ihre Führung. Beide Stangen sind unter einander parallel und ebenfalls parallel mit der oberen Kante des Wagbalkens. Auf die Stange *B* ist der Hebel *H* aufgeschoben und an geeigneter Stelle befestigt, so dass er durch Führung der Stange, die ausserhalb des Kastens bei *C* erfolgt, den ganzen Zwischenraum zwischen Mittel- und Endschneide durchlaufen kann. Die Gestalt des Hebels ist aus Fig. 8 ersichtlich. Der vordere Arm trägt den kleinen Stift *n*, der zur Aufnahme und Führung des Reiterchens *p* dient. Sobald der Hebel gesenkt ist und fortgeschoben wird, soll sich der Stift *n* stets in derselben geringen Entfernung über dem Wagbalken und über der Mittellinie desselben fortbewegen, um stets mit dem Orte des Oehres des Reiterchens zusammenzufallen. Dieser Forderung zu genügen, ist der Hebel nach oben verlängert und umfasst die Stange *A* mittelst des Bogentheiles *ab*. So lange der Theil *b* an der Stange *A* gleitet, wird der Stift *n* die geforderte Lage und Bewegungsrichtung haben. Für den Zustand der Ruhe wird der Hebel durch das Gewicht *g* gehoben sein, das Häkchen bei *a* an der Stange *A* anliegen und der Hebel in die Lage gebracht sein, dass die schwingende Bewegung des Wagbalkens ihn nicht berühren kann. Die Scheibe *E* wird durch eine Zugschraube gehalten und indem die Oeffnung an der Wandung etwas grösser ausgesperrt ist, lässt sich durch geringe Verschiebung von *E* die Justirung für die genaue Parallelrichtung der Lenkstange leicht erzielen.

Der Präcisionsbogen.

39. Das Ausgleichen der kleinen Gewichtsunterschiede lässt sich auch noch durch eine andere Vorrichtung bewerkstelligen, welche nach v. Gallois[1]) der Präcisionsbogen genannt werden kann. v. Gallois hat nämlich zu dem genannten Zwecke an dem einen Arme des Wagbalkens einen getheilten Halbkreis befestigt und in dem Mittelpuncte desselben, der über dem Wagbalken liegt, einen drehbaren Zeiger angebracht. Je nach der Stellung dieses Zeigers gegen die Kreis-

1) Poggendorff's Annalen. Bd. 116. pag. 339.

theilung ändert sich die Lage des Schwerpunctes des Wagbalkenarmes und es kann so die Ausgleichung der kleinen Gewichtsdifferenzen durch Drehen des Zeigers ausgeführt werden. Die Drehung des Zeigers wird mittelst eines Drahtes bewerkstelligt, der durch die Decke des Wagkastens bis zum Zeiger herabgeht. Der Werth der einzelnen Striche der Theilung muss durch die Erfahrung festgestellt werden.

40. Hempel hat[1]) den Zeiger D (Fig. 9, Taf. II) in der Mitte des Wagbalkens mit dem unteren Ende der Schraubenspindel verbunden, an der die Laufgewichte C zur Regulirung des Schwerpunctes sich befinden (§ 14). Dieser Zeiger wirkt nun je nach seiner Stellung auf der rechten oder linken Seite von der Mitte des Wagbalkens wie ein Gewicht in der einen oder anderen Wagschale.

Um den Zeiger von aussen her, d. h. ohne dass man den Wagkasten zu öffnen nöthig hat, drehen zu können, ist in der Decke des Wagkastens senkrecht über der Drehungsaxe des Zeigers ein Loch eingebohrt, durch welches ein im Innern des Kastens bajonnetförmig umgebogenes Metallstäbchen F hinabgeht. Das untere, bis zum Zeiger hinabreichende Ende dieses Stäbchens kann an den Zeiger angelegt und dann eine beliebige Drehung desselben ausgeführt werden. Mit seinem oberen Theile ist dieses Stellstäbchen in einer, mit einer Spiralfeder versehenen Metallhülse verschiebbar; an seinem ausserhalb des Wagkastens befindlichen Ende trägt es einen randrirten Knopf G, welcher zum Dirigiren desselben dient. Zu diesem Behufe drückt man das Stäbchen mittelst des Knopfes G etwas unter den Zeiger D auf dessen rechte oder linke Seite hinab, dreht bei fortdauerndem Drucke den Knopf und verrückt so den Zeiger nach rechts oder links, je nachdem es die Umstände erfordern. Lässt man mit dem Drucke auf den Knopf G nach, so wird das Stäbchen durch die Feder wieder in die Höhe gehoben, und dadurch der Zeiger in der ihm gegebenen Stellung arretirt.

Unter dem Zeiger ist der getheilte Halbkreis EE so befestigt, dass sein Mittelpunct mit der Drehungsaxe des Zeigers zusammenfällt. Ist nun z. B. der Zeiger auf diesem Halbkreise so (nach links) gestellt worden, dass er mit dem Wagbalken einen spitzen Winkel bildet und ist er dann durch Probiren in einer solchen Stellung arretirt, dass

1) Bulletin de la Société d'Encouragement. 1864. Févr. pag. 87. — Dingler, polytechnisches Journal. Bd. 174. pag. 374.

sein hinzukommendes Gewicht einem auf die Schale der entgegengesetzten (hier also rechten) Seite der Wage gelegten Zehnmilligramm-Stücke das Gleichgewicht hält; so legt man auf die Schale nur 9 Milligramme und markirt die dieser Belastung entsprechende Stellung des Zeigers auf dem Halbkreise. In dieser Weise fährt man fort, indem man nach und nach jedesmal 1 Milligramm von der Schale wegnimmt, bis zu 0, d. h. bis der Zeiger in die Richtung des auf den Wagbalken senkrechten Radius zurückgebracht ist. Jeder Theil dieser Graduirung kann alsdann in zwei, in vier, oder selbst in zehn Theile getheilt werden, welche einer Belastung der entgegengesetzten Seite von $^1/_2$, $^1/_4$ oder $^1/_{10}$ Milligramm entsprechen. Auf gleiche Weise verfährt man mit der anderen Seite des Halbkreises, so dass sowohl der rechts, als der links liegende Quadrant, einem Mehrgewicht von 10 Milligrammen entsprechend, in Theile getheilt ist, welche dem Sinus des Abweichungswinkels des Zeigers proportional sind.

Beschreibung der electrodynamischen Wage.[1])

Von

Achilles Cazin.

(Hierzu Tafel VIII.)

Zwei Wagbalken AB und $A'B'$ sind durch ein isolirendes Medium verbunden. Die Enden A und A' sind mit metallenen Rollen versehen, welche senkrecht gegen die Richtung der Wagbalken (Fig. 2) stehen. Die Schneiden C, C' (Fig. 3) liegen beziehungsweise auf Stahlplatten, welche in der gleichen Ebene auf die oberen Enden der isolirten Kupferprismen DD' aufgesetzt sind, die von einer verticalen Stange E getragen werden. Jedes dieser Prismen wird mittelst einer Klemmschraube V, V' in Verbinduug mit einem Rheophor gebracht. Die Stange E ist in eine hölzerne Säule $E'E'$ eingeschlossen und wird beim Verstellen von zwei Kupferplatten P, P' geführt, welche am oberen Ende der Säule befestigt sind. Man kann diese Stange heben und senken wie bei den feinen Wagen, und wenn dieselbe gesenkt ist, so wird der doppelte Wagbalken $ABA'B'$ von einer aus festem Holze bestehenden Gabel UU' unterstützt. Eine durch T dargestellte Vorrichtung gestattet die Lage des Schwerpunctes des Wagbalkens zu reguliren. Die Schale F ist an den Enden BB' mittelst zweier von einander wohl isolirter Haken aufgehängt. Der bewegliche Leiter G ist mit den Rollen AA' in folgender Weise verbunden:

HH' ist ein kleiner Glasstab, welcher in seiner Mitte den Haken $IK'K$ trägt; an diesem Haken ist der Leiter mittelst vier Seidenfäden

---

1) Aus des Herrn Verfassers: Mémoire sur l'évaluation en unités de poids des actions électrodynamiques. Annales de Chimie et de Physique. Märzheft 1864, übersetzt.

aufgehängt. Zwei Bündel sehr feiner Platindrähte AHL, $A'H'L'$ sind beziehungsweise an den Enden L, L' des beweglichen Leitungsdrahtes fest gemacht, sodann um die Enden H, H' des Leitungsdrahtes gewunden und endlich durch einen Seidenfaden über den Rollen in der Distanz AA' vereinigt; sie laufen in den Rinnen der Rollen und befinden sich so in gleich starker Spannung. Diese Anordnung schien mir nach verschiedenen Versuchen die bequemste zu sein; sie lässt eine sehr grosse Beweglichkeit zu und gestattet den beweglichen Leiter leicht zu orientiren. Es ist nun ersichtlich, dass, wenn der positive Pol des Rheophors an der Klemme V festgeschraubt ist, der Strom in der Wage den Weg $VAHLGL'H'A'V'$ verfolgt. Der Leiter M befindet sich auf einer Platte, die auf einer Säule NO ruht. Diese Säule kann man mittelst einer gezahnten Stange heben und senken und sie ist mit einer Theilung versehen, welche eine verticale Verstellung bis auf $0^m,0001$ erkennen lässt; sie wird ferner von einem Fusse mit drei Stellschrauben getragen. Der Strom geht in der Art durch die Wage und den festen Leiter, dass eine Abstossung stattfindet. In der Wagschale befinden sich Tarirgewichte und die Abstossung wird durch bekannte Gewichte äquilibrirt, welche man auf die isolirte Platte R legt.

Die wesentlichen Theile dieser Wage wurden von den Herrn Collot frères verfertigt und ich verdanke diesen geschickten Künstlern den erzielten Erfolg. Der beschriebene Apparat ist ein zweiter Versuch; zuvor war der Wagbalken viel weniger massiv und die Aufhängungsschneiden waren durch Stahlkegel ersetzt, was mir vortheilhaft erschien. Ich musste übrigens davon abstehen, die erste Einrichtung trotz ihrer Empfindlichkeit anzuwenden, weil die Erhöhung der Temperatur im Wagbalken zu gross wurde, wenn der Strom hindurchging, und weil in Folge hiervon die Wägungen unzuverlässig wurden.

Was nun die Umstände anbetrifft, welche beim Gebrauche der electrodynamischen Wage im Voraus zu beachten sind, so muss man, da die electrodynamischen Wirkungen nur ganz schwach sind, den Draht eines jeden Leiters in mehreren Windungen aufrollen; weil man jedoch das Gewicht des beweglichen Leiters nicht zu gross nehmen darf, ohne der Empfindlichkeit Eintrag zu thun, so muss man einen sehr starken Strom anwenden. Ich habe bis zu zehn Bunsen'sche Kohlenelemente genommen. Der Schliessungsbogen wird dann aber beträchtlich erwärmt und es gehen daraus zwei Uebelstände hervor:

1. Wenn der Draht des beweglichen Leiters mit Seide übersponnen ist, so verliert diese durch das Erwärmen Wasser und die Wägungen werden um so ungenauer, je länger der Strom geschlossen bleibt. Man muss also Drähte anwenden, welche nicht mit Seide überzogen sind, was das Aufrollen nicht wenig schwierig macht; ich habe brauchbare bewegliche Leiter dadurch erhalten, dass ich die Windungen mittelst Harz von einander trennte.

2. Da sich beim Erwärmen die Hebelarme verlängern, so übt dies einen störenden Einfluss auf die Wägungen aus. Ich habe diesen Missstand durch einen ziemlich massiven Wagbalken zu vermindern gesucht, wodurch übrigens auch die Empfindlichkeit geringer wurde. Glücklicherweise wirkt diese Fehlerquelle im entgegengesetzten Sinne wie die vorige.

Wenn ich den Strom nur kurze Zeit geschlossen hatte und die Wägungen rasch ausführte, erhielt ich constante Resultate; von Vortheil ist übrigens die Anwendung einer Bunsen'schen Batterie, weil dabei die Stromstärke sehr langsam abnimmt. Die bei meinen Versuchen in Anwendung gebrachten Leiter sind folgende.

Der bewegliche Leiter besteht aus geglühtem Kupferdrahte von etwa 1 Millimeter Durchmesser, welcher acht Mal im Quadrat auf eine Ebene aufgewunden wurde; das zwischen den Windungen befindliche Harz reicht hin, die Oberfläche des Systemes eben zu erhalten. Die äussere Seite des Quadrates betrug 277 Millimeter, die innere Seite 247 Millimeter; die Ebene war horizontal aufgehängt. Der feste Leiter ist ein Rahmen von gleichen Dimensionen und auf einer Platte befestigt; er besteht aus sechs übereinander gelegten Schichten von mit Baumwolle übersponnenem Drahte und hat also 48 Windungen. Der feste Rahmen steht in horizontaler Lage unter dem beweglichen in der Art, dass ihre beiden Mittelpuncte in derselben Verticalen liegen. Um diese Lage herzustellen, verschiebt man einmal den Träger des festen Rahmens in geeigneter Weise und regulirt dann den beweglichen Rahmen gegen den festen mittelst der Aufhängungsfäden.

Man sieht, dass die electrodynamische Wirkung $48 \times 8 = 384$ mal so gross ist als diejenige, welche ein einzelner quadratischer Leiter von 262 Millimeter Seite auf einen gleichen Leiter ausübt, dessen verticale Axe mit der des ersteren zusammenfällt und der in einer Distanz aufgestellt ist, welche der Entfernung der mittleren Ebenen beider Rahmen gleichkommt. Bei den diesen Rahmen gegebenen Dimensionen

kann man die mittleren Quadrate mit hinreichender Genauigkeit nehmen, nur darf die Annäherung der beiden Leiter nicht zu gross werden.[1] Mit dem auf solche Weise vorgerichteten Apparate wurden drei Messungsreihen angestellt. Die zwei ersten sollten die beiden Fundamentalgesetze der electrodynamischen Wirkungen verificiren, welche zuerst Weber aufgestellt hat. Sodann überzeugte ich mich von der Genauigkeit der Angaben meiner Wage und versuchte eine einfachere und allgemeinere Beobachtungsmethode herzustellen. Die dritte Reihe löste dann direct die aufgeworfene Frage, d. h. die Vergleichung der electrodynamischen Kräfte mit dem Gramm; die erhaltene Zahl stimmt mit den Resultaten des genannten deutschen Physikers überein.

1) Die Anwendung des Harzes zum Isoliren der Windungen des beweglichen Leiters möchte vielleicht einige Schwierigkeit bieten, wenn die Zahl der Wirkungen sehr gross und der Strom sehr intensiv wäre; da nämlich dann durch die Einwirkung des Stromes diese Substanz electrisch würde, so käme eine störende Einwirkung herein, deren Vorhandensein übrigens leicht erkannt werden könnte. Bei den von mir gebrauchten Leitern zeigte sich jedoch keine derartige Wirkung.

Ueber einen Heliostaten nach August's Princip.[1])

Von

Otto v. Littrow.

(Hierzu Tafel X.)

Bereits vor längerer Zeit hat August einen Heliostaten angegeben, der durch die Einfachheit seines Principes sich besonders empfiehlt[2]); derselbe blieb trotzdem ohne allgemeinere Anwendung. Auch mir wurde er erst bekannt, als ich zufällig auf dieselbe Idee gerathen war und darnach ein Instrument ausgeführt hatte. Da aber dieses sowohl in der Construction als in anderen wesentlichen, die Bequemlichkeit des Gebrauches fördernden Puncten von dem August'schen Apparate sich unterscheidet, glaube ich dasselbe hier vorlegen zu dürfen.

Das Princip lässt sich ungefähr auf folgende Art entwickeln. Es stelle $PS'P'S''$ (Fig. 1) die Himmelskugel, PP' die Weltaxe, $SS'S''$ sei der von der Sonne S an einem bestimmten Tage scheinbar durchlaufene Parallelkreis, $SP = p$ die Poldistanz der Sonne an diesem Tage. Es wird verlangt, dass der Strahl SO, den dieselbe zu der im Mittelpuncte der Himmelskugel in O befindlichen, und gegen die Entfernung SO der Sonne verschwindend kleinen Erde sendet, in einer constanten Richtung reflectirt werde. OA sei diese Richtung. Eine in O auf der reflectirenden Fläche errichtete Senkrechte muss dem Reflexionsgesetze zufolge die Kugel in einem Puncte B des durch S und A gelegten grössten Kreises so treffen, dass $BS = BA$. Wenn

1) Aus einer Dissertation pro doctoratu philos. an der k. Universität Leipzig in die Sitzungsberichte der Wiener Academie, Mathem.-Naturwissenschaftliche Classe. Bd. 48. II. Abthl. pag. 337, übergegangen. C.

2) Radicke, Optik. 1839.

also diese Senkrechte und mit ihr der Spiegel im Laufe des Tages so geführt wird, dass sie beständig im Halbirungspuncte des die Sonne und die verlangte Richtung des reflectirten Strahles verbindenden grössten Kreises liegt, so ist die gestellte Aufgabe gelöst.

Setzen wir PA, die Poldistanz des reflectirten Strahles $= \pi$, $PB = \varrho$, $APS = t$, $AS = a$, so ist

$$\cos\pi = \cos\varrho \,.\, \cos\frac{a}{2} + \sin\varrho \,.\, \sin\frac{a}{2}\cos ABP$$

und

$$\cos p = \cos\varrho \,.\, \cos\frac{a}{2} + \sin\varrho\sin\frac{a}{2}\cos(180^0 - ABP)$$

$$= \cos\varrho\cos\frac{a}{2} - \sin\varrho\sin\frac{a}{2}\cos ABP$$

somit

$$\cos\pi + \cos p = 2\cos\varrho\cos\frac{a}{2}$$

$$\cos\varrho = \frac{\cos\pi + \cos p}{2\cos\frac{a}{2}}. \tag{1}$$

Suchen wir noch eine Bestimmungsgleichung für die andere Coordinate von B, d. h. für den Winkel τ, den BP mit dem in seiner Lage unveränderlichen grössten Kreise AP einschliesst. Es ist

$$\frac{\sin\frac{a}{2}}{\sin\tau} = \frac{\sin\varrho}{\sin PAB}, \qquad \frac{\sin\frac{a}{2}}{\sin(t-\tau)} = \frac{\sin\varrho}{\sin PSB},$$

mithin

$$\frac{\sin\tau}{\sin(t-\tau)} = \frac{\sin PAB}{\sin PSB}.$$

Wir haben ferner

$$\frac{\sin PAB}{\sin PSB} = \frac{\sin p}{\sin\pi}$$

somit

$$\sin\tau = \frac{\sin(t-\tau)\sin p}{\sin\pi}. \tag{2}$$

Man sieht, dass es eben nicht leicht wäre, jedem dieser Ausdrücke für die Coordinaten des Punctes B auf der Kugel für sich durch einen Mechanismus zu genügen. Das Einfachste ist es jedenfalls die Halbirung des grössten Kreises AS direct durch den Mechanismus des Instrumentes ausführen zu lassen, wie dies ja bei dem s'Grave-

sande'schen, Gambey'schen, Silbermann'schen und anderen einspiegeligen Heliostaten geschieht.

Allein wenn man auf eine allgemeine Auflösung des Problemes verzichtet, ist es nicht schwer, den Gleichungen eine solche Gestalt zu geben, dass eine einfache Anordnung der Theile des Instrumentes jede Gleichung für sich erfüllt.

Man erhält z. B. den Fahrenheit'schen Heliostaten, wenn man A in den Pol verlegt, also $\pi = 0$ setzt. Man findet dann aus (1) $\varrho = \frac{p}{2}$ und aus (2) $t = \tau$. Die Beschränkung des constanten Strahles auf Einen Punct macht aber den so erhaltenen Strahl für gewöhnliche Untersuchungen unbrauchbar; man muss demselben erst durch einen zweiten Spiegel eine passende Richtung ertheilen.

Die Formeln (1) und (2) lassen sich aber noch durch eine andere, und zwar viel geringere Beschränkung des allgemeinen Problemes einfach genug darstellen. Wenn man nämlich $\pi = 180^0 - p$ setzt, so erhält man aus (1)

$$\cos\varrho = 0, \qquad \varrho = 90^0 \tag{3}$$

und aus (2)

$$\sin\tau = \sin(t - \tau)$$

$$\tau = \frac{t}{2}, \tag{4}$$

wobei die Nichtbeachtung der zweiten möglichen Werthe von ϱ und τ sich von selbst ergibt.

Die erste Bedingung $\varrho = 90^0$ wird erfüllt, indem die Spiegelebene ein für allemal in die Weltaxe gestellt wird; das auf ihr errichtete Loth bleibt dann bei der Drehung des Spiegels um die Weltaxe immer im Aequator.

Der zweiten Gleichung wird Rechnung getragen, indem das Uhrwerk jene Drehung des Spiegels um die Weltaxe nur halb so schnell ausführt, als die Sonne um diese Axe zu kreisen scheint, also den Spiegel in 24 Stunden nur um 180⁰ dreht.

Unter diesen Bedingungen erhält man einen constanten Strahl, zwar nicht in jeder beliebigen Richtung, aber doch noch in unendlich vielen; es ist nämlich nur die Declination desselben in der Art bestimmt, dass, wenn die Declination der Sonne südlich, jene ebensoviel nördlich ist, und umgekehrt. In seinem Parallelkreise kann der reflectirte Strahl jedoch jeden beliebigen Stundenwinkel einnehmen, und er wird

denselben fort und fort einnehmen, wenn das Uhrwerk immer $\tau = \frac{t}{2}$ macht, d. h. den Spiegel halb so schnell, als die Sonne geht, weiterdreht. Daraus folgt aber eine für die practische Anwendung wichtige Eigenschaft dieses Heliostaten. Da nämlich A der Anfangspunct der Zählung für die in 2) und 4) eingeführten Grössen τ und t ist, so gelten diese Gleichungen ganz unabhängig von der Lage des Punctes A in seinem Parallelkreise. Wie man daher, bei gegebener Lage im Parallelkreise von A und S die erforderliche Lage von B, nämlich $\tau = \frac{t}{2}$ fand, so wird sich auch bei gegebener Lage im Parallelkreise von B und S eine Lage im Parallelkreise des reflectirten Strahles A ergeben, für die eben $t = 2\tau$ und die, da das Uhrwerk fortfährt, den Winkel t in B zu halbiren, also $t = 2\tau$ zu machen, eine constante ist. Zu jeder Zeit also und bei jeder Lage des Spiegels erhält man einen constanten Strahl; ändert man die Lage des Spiegels, so ändert sich wohl auch die Richtung des reflectirten Strahles, allein derselbe bleibt in seiner neuen Lage ebenso constant wie in der alten. Es ist daher ein Einstellen auf den Stundenwinkel der Sonne ebensowenig nöthig, als ein Einstellen auf die Declination derselben; die Unbestimmtheit des Stundenwinkels des Spiegels kann vielmehr dazu benützt werden, dem reflectirten Strahle jeden gewünschten Stundenwinkel zu geben.

Construction.

Ich will nun zur genauen Beschreibung des nach meinen Angaben von Herrn Gustav Starke ausgeführten Heliostaten übergehen.

Auf den in die solide Unterlage einzulassenden drei Metallscheiben A Fig. 2 ruht mit drei Stellschrauben B das Gestell des Ganzen. Auf diesem liegt zunächst die Scheibe C auf, welche um eine verticale Axe drehbar ist. Diese Drehung wird ausgeführt, indem man an der Schraubenspindel D dreht, die in die am Umfange der Scheibe C geschnittenen halben Schraubengänge eingreift. Da diese Spindel nur durch eine Feder in die Schraubengänge gedrückt wird, kann man grössere Drehungen der Scheibe C rasch ausführen, wenn man D von der Peripherie der Scheibe C wegzieht; die Spindel greift alsdann nicht mehr in die Gänge, und lässt C frei, schnappt jedoch sogleich wieder ein, wenn man durch Freilassen von D die Feder wieder wirken lässt.

Auf der Scheibe *C* erheben sich zwei Säulen *E*, welche die Axe *F* tragen. An dieser ist das Uhrwerk *GG* und der Gradbogen *HH* befestigt, mittelst dessen man der vom Uhrwerke getriebenen Uhraxe *IO* eine Neigung gegen die Scheibe *C* gleich der Polhöhe des Beobachtungsortes geben kann. Durch eine hinter der Säule *E* angebrachte Klemmschraube *K* hält der Gradbogen in der richtigen Lage fest.

Das Uhrwerk wird bei *L* aufgezogen und dreht das Rad *M* und mit ihm die Uhraxe in 48 Stunden einmal um sich selbst. Die Uhraxe besteht aus zwei Stücken. Das eine geht durch das Uhrwerk und endigt mit der Scheibe *N* und einem innerhalb *O* befindlichen conischen Ansatze; an diesem Stücke sitzt das Rad *M* fest und nimmt es bei seiner Umdrehung mit. Der andere Theil der Uhraxe, der den Spiegel trägt, ist durch eine auf den conischen Ansatz des ersten Stückes passende conische Höhlung in *O* so auf das erste Stück aufgesetzt, dass er sich unabhängig von demselben um die Uhraxe drehen kann. Gewöhnlich wird jedoch das obere Stück von dem unteren mitgeführt. Die Scheibe *N* hängt nämlich mit dem oberen Theile der Axe in ähnlicher Weise durch eine Schraube ohne Ende *P* zusammen, wie nach Obigem die Scheibe *C* mit dem Fussgestelle. Man kann so durch Drehen oder Ausheben von *P* den oberen Theil der Axe nach Bedürfniss mikrometrisch oder frei um die Uhraxe drehen, um dem reflectirten Strahle eine passende Lage zu ertheilen; sobald man den Mechanismus wieder sich selbst überlässt, nimmt das Uhrwerk den Spiegel mit, und der Strahl verbleibt in der ihm ertheilten Richtung.

Das obere Stück der Axe kann sammt dem Spiegel abgenommen und etwa gegen ein anderes mit grösserem Spiegel vertauscht werden. Der Spiegel selbst ist auf seiner Rückseite mit Silber belegt und durch einen Firniss vor Verletzungen geschützt; er braucht nur beiläufig planparallel zu sein.

Rectification.

Die Rectification des beschriebenen Heliostaten wird zunächst mit der kleinen Setzlibelle *Q* vorgenommen.

Man stellt zuerst die Scheibe *C* mit Hilfe der Libelle auf gewöhnliche Art durch die Schrauben *B* horizontal, indem man die Libelle einmal in der Verbindungslinie zweier Stellschrauben, das andere

Mal senkrecht zu derselben Verbindungslinie aufsetzt. Hierauf neigt man nach Lösung von *K* das Uhrwerk so, dass die Uhraxe ungefähr horizontal steht. Es handelt sich nun darum, den Spiegel in der Richtung der Uhraxe und diese selbst horizontal zu stellen.

Zu diesem Zwecke setzt man die Libelle immer einmal auf der Vorderseite des Spiegels parallel zur Uhraxe auf; das andere Mal dreht man den Spiegel um 180° um die Uhraxe und setzt die Libelle jetzt ebenso auf dessen Rückseite. Damit aber ein etwa zu grosser Fehler der Lage des Spiegels in der auf der Uhraxe senkrechten Richtung nicht störend einwirke, lasse man immer die Libelle, bevor man sie parallel zur Uhraxe auf den Spiegel setzt, in einer gegen die Uhraxe senkrechten Lage durch Drehen an der Schraube *P* ohngefähr einspielen.

Steht dann bei der zur Uhraxe parallelen Lage der Libelle die Blase anfangs auf der Vorder- und der Rückseite auf derselben Seite z. B. zu nahe am Uhrwerk, so bringt man es durch Verschieben des Gradbogens *HH* (in unserem Beispiele der Richtung der Theilung entgegen) zuerst dahin, dass die Blase auf der Vorderseite des Spiegels auf die entgegengesetzte Seite falle, als auf der Rückseite; hierauf dreht man an der Schraube *R*, welche die Stellung des Spiegels gegen die Uhraxe regulirt, bis die Blase auf der Vorder- und Rückseite des Spiegels wieder auf dieselbe Seite fällt, verschiebt den Gradbogen bis sie wieder auf entgegengesetzte Seiten fällt u. s. w. Steht endlich die Blase auf der Vorder- und der Rückseite in der Mitte, so liegt der Spiegel parallel zur Uhraxe und diese selbst horizontal; der Gradbogen soll alsdann 0 zeigen. Thut er dies nicht, so liest man die Abweichung ab, und bringt dieselbe bei der Einstellung auf die Polhöhe, die man nun sogleich vornimmt, in Rechnung. Die angegebene Rectificationsweise beruht aber einfach darauf, dass von den beiden Fehlern, die hier zugleich corrigirt werden, der Neigung des Spiegels gegen die Uhraxe und der Uhraxe gegen den Horizont immer der grössere sich geltend macht; da aber ersterer den entgegengesetzten, letzterer denselben Ausschlag auf beiden Seiten des Spiegels gibt, so erkennt man aus den Angaben der Libelle, welcher der beiden Fehler der grössere ist, und ändert ihn so lange, bis er kleiner als der andere ist, macht diesen hierauf wieder kleiner als den ersten u. s. w., bis beide Fehler verschwinden.

Orientirung.

Es erübrigt jetzt noch die Uhraxe, welche bereits die richtige Neigung gegen den Horizont hat, in den Meridian zu bringen. August setzt zur Orientirung seines Heliostaten voraus, dass die Richtung des Meridianes durch anderweitige Mittel bestimmt worden sei. Es scheint dies das Hinderniss gewesen zu sein, dass sein Heliostat keinen so allgemeinen Eingang fand, als dessen sonst so empfehlenswerthe Einrichtung erwarten liess. Schon seit Gambey suchte man nämlich die zur Orientirung nothwendige Meridianbestimmung mit dem Heliostaten selbst auszuführen, und schlug dabei das Verfahren ein, aus Einem bekannten Stücke, nämlich der Declination der Sonne oder der wahren Zeit, und Einer Beobachtung die Richtung des Meridianes zu ermitteln. Man bedurfte hiezu am Apparate entweder eines Declinations- oder eines Stundenkreises, je nachdem man die Declination der Sonne oder wahre Zeit zu Hilfe nehmen wollte; erstere wurde gewöhnlich vorgezogen, da eine gute Zeitbestimmung eben ohne anderweitige Mittel nicht zu erhalten ist.

Man kann aber bei der Orientirung des beschriebenen Heliostaten sich einer von den erwähnten verschiedenen Methoden bedienen, die darauf beruht, ohne astronomische Angabe und ohne getheilte Kreise durch zwei Beobachtungen die Richtung des Meridianes zu bestimmen. Man wird dazu auf folgende Art verfahren.

Die Uhraxe wird zuerst nur beiläufig in die Richtung der Weltaxe gebracht; sollte man die Lage der letzteren noch gar nicht kennen, so gibt eine auf der Scheibe C angebrachte kleine Magnetnadel S hinreichend genaue Auskunft. Da jetzt alles Uebrige, was zum Festhalten des Strahles nothwendig, erfüllt ist, so bleibt derselbe nur wegen der Unrichtigkeit des Azimuthes der Uhraxe nicht constant. Aendert man dieses letztere durch Drehen der das Ganze tragenden Scheibe C, so ändert sich auch die Lage des reflectirten Strahles. Die Linie AB, Fig. 3, die derselbe dabei beschreibt, enthält den Punct C, den der reflectirte Strahl bei dem richtigen Azimuthe der Uhraxe eben constant einnehmen würde, den man aber einstweilen noch nicht kennt. Wiederholt man jedoch dasselbe Verfahren nach einiger Zeit, so beschreibt der reflectirte Strahl bei Aenderung des Azimuthes der Uhraxe abermals eine Linie $A'B'$, aber diessmal wegen des veränderten Standes der Sonne eine andere als früher. Da auch diese neue Linie

den Punct enthält, auf dem der Strahl bei dem richtigen Azimuthe der Uhraxe constant bleibt, so ist offenbar der Durchschnittspunct C derselben mit der zuerst erhaltenen Linie der gesuchte Punct.

Um diese Methode in Anwendung zu bringen, bedeckt man die Fläche des Spiegels mit einem Deckel T, Fig. 2, der nur bei einem kleinen Loche U die Sonnenstrahlen durchlässt. Man erhält dadurch statt des breiten Strahlenbündels, welches der freie Spiegel liefert, ein kleines Sonnenbildchen, das man auf irgend einer unbeweglichen Fläche, z. B. einem auf der Wand aufgespannten Papiere auffängt.

Nun bewegt man die Scheibe C durch Drehen bei D um kleine Stücke, und markirt bei jeder Lage der Scheibe C die Lage des Mittelpunctes des Sonnenbildchens, oder besser eines Theiles des Randes, der parallel liegt zu der Linie, die die einzelnen Marken verbindet. Nach einiger Zeit gibt man dann dem Mittelpuncte oder dem im Auge gehabten Rande des Sonnenbildes durch Drehen von D eine solche Lage, dass er die früher entstandene Linie AB, Fig. 3, wieder berührt, und ist nun sicher, die Uhraxe ein für allemal im Meridiane zu haben, so oft man die Spitzen der Füsse wieder in die entsprechenden Vertiefungen der in der festen Unterlage befestigten Scheiben setzt.

Dieses Verfahren der Orientirung gewährt alle Genauigkeit, die man für den hier verfolgten Zweck fordert. Es sei beispielsweise erwähnt, dass man das vorgelegte Instrument bei einer Zwischenzeit von nur einer Viertelstunde so genau orientiren konnte, dass das erhaltene Sonnenbild in einer Stunde seine Lage um nicht mehr als den neunten Theil seines Durchmessers änderte; bei längeren Zwischenzeiten sind natürlich noch bessere Resultate erreichbar.

Da die beschriebene Methode darauf beruht, dass ausser der Lage der Uhraxe gegen den Meridian alles Uebrige, was zum Festhalten des Strahles erforderlich ist, richtig sei, so wird man das Instrument jedenfalls vor der Orientirung hierauf prüfen. Die Lage des Spiegels gegen die Uhraxe und die Neigung der letzten gegen den Horizont können nach dem angegebenen Rectificationsverfahren leicht untersucht werden. Nur die Controlirung des Ganges der Uhr dürfte schon wegen der Veränderlichkeit desselben lästig fallen: und doch wird man die ein für allemal vorzunehmende Orientirung mit grösserer Genauigkeit auszuführen wünschen.

Man kann sich aber von dem Gange der Uhr bei der Orientirung

unabhängig machen, wenn die Linie AB bei einer auf dem Meridiane senkrechten Lage des Siegels verzeichnet wird. Dieselbe ist dann, wie sich leicht zeigen lässt, dem Aequator parallel. Die Verschiebung des auf dem Spiegel errichteten Lothes ist nämlich der dadurch bewirkten Verschiebung des reflectirten Strahles parallel. Denn, wenn S Fig. 4 die Sonne, OL und OL' das auf dem Spiegel bei beiden Lagen desselben errichtete Loth, OR und OR' die entsprechenden reflectirten Strahlen sind, so ist:

$$SL = LR, \qquad SL' = L'R'.$$

Ist dann

$$\begin{aligned} SM &\perp ML \\ NR &\perp NL \\ N'R' &\perp N'L', \end{aligned}$$

so ist

$$\begin{aligned} \sin SM &= \sin SL \sin SLM = \sin SL' \sin SL'M \\ \sin RN &= \sin RL \sin RLN \\ \sin R'N' &= \sin R'L' \sin R'L'N' \end{aligned}$$

daher

$$SM = RN = R'N'.$$

Denken wir uns nun die Uhraxe bereits im Meridiane. Die auf dem Spiegel errichtete Senkrechte liegt dann im Durchschnittspuncte des Aequators mit dem Meridiane. Dreht man die Scheibe C ein wenig, so beschreibt das auf dem Spiegel errichtete Loth einen dem Horizonte parallelen kleineren Kreis oder Almikantarat auf der Himmelskugel. Der grösste Kreis, den man durch zwei dem Meridiane sehr nahe Puncte dieses Almikantarats legt, fällt mit dem Aequator zusammen, und eine Verschiebung des auf dem Spiegel errichteten Lothes von einem jener Puncte auf den andern, hat nach Obigem eine dem Aequator parallele Verschiebung des reflectirten Strahles zur Folge. Da eine Aenderung des Stundenwinkel-Spiegels ebenfalls eine dem Aequator parallele Verrückung des reflectirten Strahles bewirkt, so wird, wenn man nach verflossener Zwischenzeit die zweite, eigentliche Einstellung wahrnehmen will, ein unrichtiger Gang der Uhr den reflectirten Strahl nur längs der Linie AB, Fig. 3, verschieben, und keinen Einfluss nehmen auf die Grösse der Drehung, die man der horizontalen Scheibe ertheilen muss, um den reflectirten Strahl wieder in die Linie AB, und damit die Uhraxe in den Meridian zu bringen. Welches daher auch der Gang des Uhrwerks sein mag,

wofern sein Fehler nur nicht gar zu gross ist, so erhält man doch immer dieselbe richtige Lage der Uhraxe.

Die Forderung, dass bei dem Markiren der Linie *A B* der Spiegel senkrecht auf dem Meridiane stehe, wird genau genug erfüllt, wenn man dem Spiegel eine solche Lage gibt, dass eine auf der Axe *F*, Fig. 2, senkrechte Kante des das Uhrwerk enthaltenden Kästchens mit ihrem Spiegelbild eine gerade Linie bildet.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass nur bei sehr fehlerhaftem Gange der Uhr Rücksichten dieser Art zu nehmen sind.

Gebrauch.

Nachdem der Heliostat wie beschrieben orientirt, ist dessen Behandlung so einfach, dass man dieselbe füglich untergeordneten Personen anvertrauen kann. Man braucht das Instrument, wenn man mit demselben Versuche anstellen will, geradezu nur auf seinen Platz zu stellen und dem Spiegel einen solchen Stundenwinkel zu geben, dass der reflectirte Strahl eine angemessene Lage erhalte. Will man den Heliostat dann als einspiegeligen gebrauchen, so werden sich unter allen möglichen Lagen immer zwei horizontale finden lassen. Denn da die Declination des reflectirten Strahles bei gleicher Grösse das entgegengesetzte Zeichen hat, als die Declination der Sonne vor einem halben Jahre, so weist derselbe bei Aenderung seines Stundenwinkels die scheinbare Bahn der Sonne vor einem halben Jahre. Da in unseren Breiten die Sonne noch alle Tage des Jahres auf- und untergeht, werden sich für den reflectirten Strahl immer zwei horizontale Richtungen, die eine dem Aufgange, die andere dem Untergange der Sonne vor einem halben Jahre entsprechend ergeben. Diese horizontale Richtung bildet nun allerdings im Laufe des Jahres verschiedene Winkel mit dem Meridiane; allein in unseren Breiten beträgt der Winkel, den die beiden äussersten horizontalen Strahlen, der eine zur Zeit des Sommersolstitiums, der andere zur Zeit des Wintersolstitiums mit einander einschliessen, nicht mehr als 75 Grad. Man wird daher in einem nur ungefähr gegen Osten oder Westen gelegenen Beobachtungszimmer den von dem Spiegel des Heliostaten reflectirten Strahl das ganze Jahr hindurch bequem benützen können.

Sollte jedoch manchem Beobachter die Exposition des Beobachtungsraumes eine directe Benützung des reflectirten Strahles gar nicht, oder nicht das ganze Jahr hindurch erlauben, so wird man einen

zweiten, auf einem besonderen Gestelle stehenden Spiegel anwenden, und gegen den zweispiegeligen Fahrenheit'schen Heliostaten, abgesehen davon, dass weder Declination noch Stundenwinkel, wie bei diesem eingestellt werden muss, noch eines anderen Vortheiles theilhaftig.

Die von den Experimentatoren so sehr gemiedene doppelte Reflexion des Fahrenheit'schen Heliostaten würde wohl, namentlich jetzt, wo man die so vollkommenen Glassilberspiegel zu machen versteht, das Sonnenlicht im Allgemeinen nicht so schwächen, dass es zu optischen Versuchen nicht mehr zu brauchen wäre, wenn nicht bei der ersten Reflexion eine, wenn auch bei weitem nicht vollständige, doch sehr bedeutende Polarisation des Lichtstrahles einträte. Sind nun die Verhältnisse ungünstig, steht die Reflexionsebene der ersten Reflexion senkrecht auf der der zweiten, so wird man begreiflicher Weise kein sehr intensives Strahlenbündel erhalten; aber man muss sich begnügen mit dem, was die Umstände bieten, da beide Spiegel nur in einer einzigen Lage den Strahl constant nach einem bestimmten Puncte werfen. Bei dem soeben beschriebenen Heliostaten findet dies, wenn er anders als zweispiegeliger gebraucht werden muss, nicht Statt; man wird dem von der Uhr geführten Spiegel leicht eine solche Lage geben können, dass der von ihm reflectirte Strahl am zweiten Spiegel so wenig als möglich geschwächt werde, und so bei zweimaliger Reflexion im Allgemeinen ein intensiveres Licht erzielen.

Schliesslich glaube ich bemerken zu dürfen, dass dieser Heliostat dem eigentlichen Bedürfnisse des Experimentators insoferne entspricht, als er an einem gegebenen Beobachtungsorte sofort durch eine Reflexion einen horizontalen Strahl liefert, ohne dass man durch Einstellen auf Stundenwinkel und Declination der Sonne jedesmal Zeit zu verlieren braucht.

Neue Kreuze und Netze für Fernröhren, welche unveränderlich sind und sich von etwaigem Staub ohne besondere Vorsicht reinigen lassen.[1])

Von

Fr. W. Breithaupt in Cassel.

Spinnen-Cocons geben bis jetzt anerkannt die besten Fäden für Kreuze in Fernröhren zu Beobachtungszwecken ab; da dieselben jedoch auch an mancherlei wesentlichen Mängeln leiden, so wurden schon öfter andere Substanzen, die jene ersetzen sollten, vorgeschlagen. Es existiren Fäden von Gold, Silber und Platin, Glasfäden, sogar Siegellack- und Kautschuckfäden; jedoch leiden fast alle an dem Uebelstand, dass sie bedeutend stärker sind als Spinnenfäden, oder es sind diejenigen, welche letzteren nahe kommen, nur mit besonderem Kostenaufwande herzustellen. Dazu kommt noch, dass das genaue Aufspannen der Fäden grosse Fertigkeit erfordert, wesshalb man auch kleine Maschinen, sowohl zum Eintheilen der Fadenträger (Blenden), als auch zum Auflegen der Fäden erfand und ausführte. Man erhält aber immer nur ein veränderliches und meistens sogar ein sehr vergängliches Fadenkreuz oder Netz.

Die Mängel, denen alle jetzt gebräuchlichen Kreuze mehr oder weniger unterworfen sind, sind namentlich: ihre leichte Zerstörbarkeit, die oft sehr bedeutenden Veränderungen, ja das Unbrauchbarwerden derselben beim Temperatur- und Feuchtigkeitswechsel, die kaum mögliche genau rechtwinklige Stellung der Fäden zu einander, endlich die schwierige Herstellung der Kreuze.

---

1) Dingler, polytechnisches Journal. 1864. Bd. 179. pag. 259.

Diesem allen wird abgeholfen durch ein Kreuz oder Netz, welches in beliebiger Anordnung, Feinheit oder Stärke auf einer dünnen Glasplatte eingeschnitten ist, welch' letztere auf eine sehr einfache Weise im Ocular an derselben Stelle, wo sonst das Fadenkreuz sich befindet, angebracht wird. Wir fertigen seit einiger Zeit solche Kreuze und verwenden dieselben statt der bisherigen Fadenkreuze.

Die Vortheile, welche sich für diese sehr einfache Vorrichtung ergeben haben, sind nun:

1) grosse Haltbarkeit (mit der Zerstörung des angewandten Glastäfelchens würden auch die Gläser des Fernrohres zertrümmert werden);

2) Unveränderlichkeit des Kreuzes etc. in jeder Temperatur — mithin Ermöglichung zuverlässigerer Messungen, was besonders den Gruben-Instrumenten sehr zu statten kommen wird;

3) die verbürgte genaue Herstellung der Rechtwinklichkeit oder sonstiger Anordnung des Kreuzes oder Netzes, welche bei Spinnenfäden gewöhnlich sehr in Frage steht;

4) die Möglichkeit, ein solches Kreuz von angesetztem Staub etc. reinigen zu können.

Angeregt durch den so oft von unsern Bestellern, namentlich den Markscheidern, geäusserten Wunsch, dauerhaftere und zuverlässigere Fäden zu besitzen, kamen wir bei der Anfertigung von Glasmikrometern auf die Idee, in ähnlicher Weise Kreuze und Netze für Fernröhren an Messinstrumenten darzustellen, und es ist nur zu verwundern, dass dieser Gedanke nicht schon längst ausgeführt wurde, da doch Zahn bereits im Jahre 1685 Glasmikrometer in Fernröhren vorschlug, 70 Jahre später Tobias Mayer dieselben zuerst anwandte und Fraunhofer sie seiner Zeit so bedeutend vervollkommnete, dass dieselben für Fernröhren, Mikroskope u. s. w. nunmehr rasch eine grosse Verbreitung fanden.

Apparat zum Beleuchten mit Magnesium.

Die Leuchtkraft der Sonne ist bekanntlich 524 Mal grösser als die des Magnesiumlichtes; allein an chemisch wirksamen Strahlen übertrifft die Sonne das Magnesiumlicht blos 5 Mal. Ein brennender Magnesiumdraht von 0,297 Millimeter Dicke gibt so viel Licht wie 74 Stearinkerzen, von denen 5 aufs Pfund gehen. Wenn dieses Lieht eine Minute lang andauert, werden 0,987 Meter Draht im Gewichte von 0,12 Gramm verbrannt.

Das Magnesiumlicht wurde mit Erfolg für die Photographie angewendet; man bedient sich dabei eines eigens eingerichteten Apparates, welchen Fig. 1 von vorn gesehen darstellt und von dem Fig. 2 eine Seitenansicht gibt.

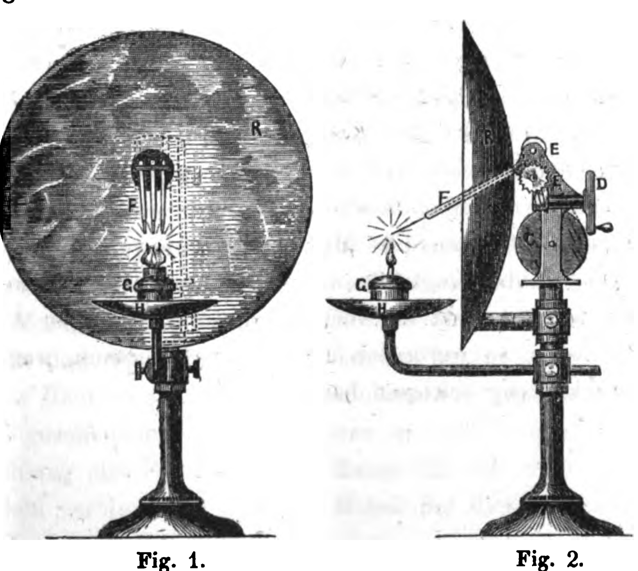


Fig. 1. Fig. 2.

Der Magnesiumdraht ist auf hölzernen Rollen *C* aufgewunden, welche um ihre Axe drehbar sind; er geht von da zwischen 2 Kautschuck-Cylindern *E, E*, von denen der eine um seine Axe drehbar, der andere fest ist, hindurch in die Röhrchen *F*, aus deren Enden er hervorsteht. Hier wird er mittelst einer Lampe *G* entzündet und man bewirkt nun durch langsames Abwickeln des Drahtes, dass

das Licht so lange erhalten bleibt, als es für den jeweiligen Zweck erforderlich ist. Um das Licht dabei möglichst zu concentriren, ist ein grosser Hohlspiegel *R* von Blech mit dem Apparate verbunden.

Das Abwickeln des Drahtes geschieht mittelst einer eigenen Vorrichtung. Wenn man nämlich die in der Fig. 2 sichtbare Schraube ohne Ende mittelst des Triebes *D* um ihre Axe dreht, so wird das gezahnte Rädchen, das mit der Axe des beweglichen Kautschuckcylinders fest verbunden ist, in Bewegung gesetzt. Da nun die beiden Kautschuckcylinder sich innig berühren, so wird beim Drehen des einen der Draht fortgeschoben und dabei zugleich von den Rollen *C* abgewickelt.

Der Spiegel *R* wird von einem Arme getragen, der mittelst einer Klemmvorrichtung an dem Fusse des Apparates festgestellt werden kann; in analoger Weise ist die Lampe *G* mittelst eines Armes und einer zweiten Klemme mit dem Fusse des Apparates verbunden. Der Fuss selbst ist von Eisen und broncirt. Bei dem durch die Figur dargestellten Apparate befinden sich drei Rollen *C* neben einander und müssen demnach auch drei Röhrchen *F* vorhanden sein. Unter der Lampe *G* ist ein Teller *H* angebracht, welcher den Zweck hat, das herabfallende Verbrennungsproduct aufzusammeln.

Ein Missstand der beschriebenen Einrichtung besteht darin, dass der Draht beim Verbrennen nach allen Seiten hin spritzt. Die Ursache dieses Spritzens liegt wohl darin, dass der Draht beim Durchlaufen zwischen den Kautschuckcylindern von denselben kleine Partikelchen abreisst und so verunreinigt wird; ganz reiner Draht verbrennt, wie ich mich überzeugt habe, vollständig ruhig. Es lässt sich übrigens der genannte Missstand durch veränderte Construction beseitigen, wobei zugleich der Draht zum Selbstabwickeln eingerichtet werden kann; da ich vorhabe, diese Construction demnächst ausführen zu lassen, so werde ich darauf zurückkommen, wenn sich dieselbe als zweckmässig erwiesen hat.

Das Galvanometer von Magnus.

Magnus hat in Poggendorff's Annalen, CXXIV. pag. 479, bei seinen Untersuchungen „Ueber die Verschiedenheit der Wärme, welche rauhe und glatte Oberflächen ausstrahlen," ein Galvanometer angewendet, dessen Einrichtung er selbst folgendermassen beschreibt:

Das Galvanometer ist ganz aus Kupfer oder richtiger aus sogenanntem Rothguss verfertigt. Der Draht ist auf zwei Rollen von diesem Metall vertheilt. Die eine derselben ist auf eine starke Metallplatte aufgeschraubt und mit dieser auf dem drehbaren, mit drei Stellschrauben versehenen Fuss des Instrumentes befestigt. Die andere Rolle wird auf dieselbe Metallplatte so gestellt, dass ihre Axe mit der der festen in einer Linie liegt, und gegen diese mittelst zwei, mit geränderten Köpfen versehenen Schrauben fest angezogen. Die Flächen beider Rollen sind ganz eben, so dass sie sich vollständig berühren. Auf den Rollen ist eine flache cylindrische Dose angebracht, die aus zwei Hälften besteht, deren jede auf einer der Rollen befestigt ist. Stehen die Rollen dicht an einander, so bilden die beiden Hälften eine dicht geschlossene Dose. Die auf der festen Rolle befindliche Hälfte trägt das Glasrohr, in dem der Faden hängt, an welchem die Nadeln mit dem Spiegel befestigt werden. Die obere Nadel schwebt in der Dose, die untere mit dem Spiegel innerhalb der beiden Rollen. Desshalb ist der innere Raum derselben auf der einen Seite durch eine dünne Kupferplatte geschlossen, an dem andern ist ein Planglas eingesetzt zur Beobachtung des Spiegels. Der Raum für das Stäbchen, das die beiden Nadeln verbindet, ist aus dem Metall der dicken Wände der aneinander stehenden Rollen herausgenommen.

Nimmt man die eine Rolle mit der auf ihr befindlichen halben Dose fort, so kann man bequem zu den Nadeln gelangen und sie, erforderlichen Falles, während sie an ihrer Stelle bleiben, mehr oder

weniger astatisch machen. Es ist dies eine Annehmlichkeit, welche Alle, die mit Spiegelgalvanometern gearbeitet haben, werden zu schätzen wissen, zumal bei der vortrefflichen Ausführung des Instrumentes durch den Mechanicus Hrn. Sauerwald hierselbst, die Rolle entfernt und wieder an ihre Stelle gebracht werden kann, ohne dass die Lage des Spiegels sich im Geringsten ändert.

Ist man behindert, das Fernrohr senkrecht gegen den magnetischen Meridian aufzustellen, so braucht man nur ein gut geschliffenes rechtwinkliges Prisma vor dem Galvanometer anzubringen; dann aber muss das Planglas beseitigt werden. Man thut gut, zu dem Ende das Prisma mit einer Fassung von Kupfer zu versehen und es durch eine Röhre aus dünnem Kautschuck mit der Oeffnung, in der sich das Planglas befand, luftdicht zu verbinden.

Will man das Prisma vermeiden, so muss die Construction des Galvanometers so verändert werden, dass der Spiegel über den Nadeln sich befindet. Statt der Dose, die bei dieser Construction so hoch sein müsste, dass die obere Nadel mit dem Spiegel darin Platz findet, wird ein starker Bügel auf der festen Rolle angebracht, der die Glasthüre mit dem Faden trägt. Ist dann, nachdem die Nadeln mit ihrem Spiegel eingehängt sind, die bewegliche Rolle gegen die feste geschraubt, so wird über den Spiegel und die obere Nadel eine Kappe aus dünnem Kupferbleche gestülpt, die in ihrem Deckel eine runde Oeffnung hat, aus der, wenn sie aufgesetzt ist, die Glasröhre mit dem Faden hervorragt. In die Kappe ist ein Planglas vertical eingesetzt. Da sie drehbar ist, so kann die Beobachtung des Spiegels durch ein Planglas von jeder Seite geschehen, nur muss der Spiegel so gestellt werden, dass er in seiner Ruhelage dem Planglase parallel ist. Die Kappe ruht auf einer aus zwei Hälften bestehenden Platte, die auf den beiden Rollen befestigt ist; auf diese Platte ist sie mit ihrem unteren Rande aufgeschliffen. Ebenso bildet sie da, wo die Glasröhre aus ihr hervorkommt, einen luftdichten Verschluss. Diese Construction gewährt den Vortheil, dass die Rollen flacher sein können, wodurch die Drahtwindungen der unteren Nadel näher zu liegen kommen.

Dellmann über die zweckmässigste Form der Zinkeisensäule.

In Schlömilch's Zeitschrift. VI. pag. 287. X. pag. 86.

Bereits im Jahre 1861 hat Dellmann im VI. Jahrgange der Schlömilch'schen Zeitschrift pag. 288 seine Zinkeisenkette beschrieben. Das Wesentliche dieser ersten Mittheilung besteht im Folgenden:

„Das Eisen ist Gusseisen und wird angewendet in Form von cylinderförmigen Bechern, das Zink ebenfalls in Form von Cylindern, aber ohne Boden. Der Zinkcylinder hat einen etwas kleineren Durchmesser als der Eisencylinder, so dass ersterer leicht in den letzteren hineingesetzt werden kann. Auf den oberen Rand des Zinkcylinders ist ein kleiner Messingcylinder mit einer Klemmschraube befestigt. An den Eisencylinder wird der Poldraht, welcher zu diesem Zwecke an einem Ende etwas plattgeklopft ist, mit einer Klemmschraube oben am Rande der Aussenseite befestigt. Die Stelle, wo der Draht angelegt werden soll, muss vor dem Gebrauche mit einer Feile gereinigt werden.

„Beim Gebrauche wird nun der Zinkcylinder frisch amalgamirt, dann mit einem Stücke Papier umwickelt, welches so gross genommen, dass es oben und unten etwas einwärts umgeschlagen werden kann, in den Eisenbecher gestellt und verdünnte Schwefelsäure (etwa 6 Gewichtstheile Wasser und 1 Theil concentrirte Säure) hineingegossen. Die Wasserstoff-Entwickelung ist nach einer Stunde immer noch gering und durchaus nicht belästigend. Die Hauptsache aber ist, dass eine solche Säule einen starken Strom gibt, sehr billig und äusserst leicht in der Handhabung ist."

So viel aus der ersten Mittheilung; in dem citirten zweiten Berichte fügt Dellmann hinzu, dass verdünnte Salzsäure anstatt der

verdünnten Schwefelsäure genommen einen noch stärkeren Strom gibt. Man kann so leicht einen Strom erzeugen, der doppelt so stark ist, als bei Anwendung verdünnter Schwefelsäure; es ist dabei zweckmässig, von Zeit zu Zeit ein paar Tropfen Salzsäure nachzugiessen.

Was das Papier betrifft, welches um den Zinkcylinder gewunden wird, so kann man jedes beliebige Papier, geleimtes oder ungeleimtes, am besten dünnes (aber nicht Pergamentpapier) nehmen.

Es kommt nun darauf an, das amalgamirte Zink mit dem Eisen nicht in leitende Verbindung kommen zu lassen, weshalb Dellmann auf den Boden des gusseisernen Bechers gewöhnlich ein Stück Glas legt.

Ueber Spectral-Apparate.

Von

Dr. Voit in Carlsruhe.

Durch die Untersuchungen von Kirchhoff über das Sonnenspectrum und die gemeinschaftlich von Bunsen und Kirchhoff ausgeführten Arbeiten über Spectralanalyse sind wohl in alle physikalische und chemische Laboratorien Spectralapparate eingedrungen und gehören nun zu den meist gebrauchten Instrumenten.

Hinsichtlich der Construction zeigen die Spectralapparate, je nach dem Zwecke, den dieselben erfüllen sollen, grosse Verschiedenheiten, überdies wird jeder Mechaniker im Einzelnen andere Anordnungen treffen. Es kann deshalb keineswegs die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung sein, alle bestehenden Spectralapparate aufzuzählen und zu beschreiben; nur jene sollen einer eingehenderen Besprechung unterworfen werden, welche einem bestimmten Zwecke am besten zu entsprechen scheinen, wobei jedoch die dem Verfasser näher bekannten Instrumente vorzügliche Berücksichtigung finden müssen. Einige vorausgeschickte theoretische Betrachtungen werden bei der Construction der Apparate, wie bei dem Gebrauche derselben vielfach gute Dienste leisten.

Einfarbiges Licht, das schief auf die Trennungsfläche zweier durchsichtiger, verschieden dichter Körper auffällt, wird nach dem bekannten Snellius'schen Gesetze aus seiner anfänglichen Richtung abgelenkt, in der Weise, dass

$$\sin b = \frac{1}{n} \sin e \qquad (1)$$

ist, wobei e und b die Winkel des einfallenden und des abgelenkten Lichtstrahles mit der Normalen auf die Trennungsfläche bedeuten,

und n (Brechungsindex) das Verhältniss der Lichtgeschwindigkeiten in beiden Körpern bezeichnet. Tritt der Lichtstrahl wieder in den ersten Körper, und sind hierfür $e_{,}$ und $b_{,}$ die Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahles mit dem Loth auf diese zweite Trennungsfläche, so ist

$$\sin b_{,} = n \sin e_{,}. \qquad (2)$$

Die beiden Trennungsflächen sollen den Winkel P mit einander bilden und a sei der Winkel, um welchen der Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch den prismatischen Körper abgelenkt wird, so gelten, wie aus der (Fig. 1, Taf. XI) leicht ersichtlich ist, die Gleichungen

$$e_{,} = P - b \qquad (3)$$

$$a = e + b_{,} - P. \qquad (4)$$

Aus Gleichung (3) findet man

$$\sin e_{,} = \sin P \cos b - \sin b \cos P$$

und wenn man die Werthe von $e_{,}$ und b aus (1) und (2) einsetzt,

$$\sin b_{,} = \sin P \sqrt{n^2 - \sin^2 e} - \cos P \sin e$$

oder nach n aufgelöst

$$n = \frac{1}{\sin P} \sqrt{\sin^2 e + \sin^2 b_{,} + 2 \sin e \sin b_{,} \cos P}.$$

Die Messungen geben gewöhnlich die Winkel e, a und P, daher man aus (4) den Werth von $b_{,}$ einsetzen muss. Bezeichnet man $a + P - 2e$ mit d, so wird

$$e = \frac{1}{2}(a + P + d) \text{ und } b_{,} = \frac{1}{2}(a + P - d);$$

sodann ist

$$n = \frac{1}{\sin P} \sqrt{1 - \cos(a+P)\cos P + \{\cos P - \cos(a+P)\}\cos d}$$

oder da

$$\begin{aligned} 1 &- \cos(a+P)\cos P + [\cos P - \cos(a+P)]\cos d \\ &= \frac{1}{2}\{(1+\cos d)(1+\cos P)(1+\cos(a+P)) \\ &\qquad + (1-\cos d)(1-\cos P)(1+\cos(a+P))\} \end{aligned}$$

und allgemein

$$\sin\varphi = 2\sin\frac{\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2};\quad 1 - \cos\varphi = 2\sin^2\frac{\varphi}{2};\quad 1 + \cos\varphi = 2\cos^2\frac{\varphi}{2}$$

ist; so ergiebt sich

$$n = \frac{\sin\frac{a+P}{2}}{\sin\frac{P}{2}} \cos\frac{d}{2} \sqrt{1 + \operatorname{cotg}^2\frac{a+P}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\frac{P}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\frac{d}{2}}$$

und endlich, wenn man den Hülfswinkel γ einführt, welcher durch die Gleichung

$$\operatorname{tg}\gamma = \operatorname{tg}\frac{a+P-2e}{2} \cdot \operatorname{tg}\frac{P}{2} \cdot \operatorname{cotg}\frac{a+P}{2} \qquad (5)$$

gegeben ist, erhält man die für logarithmische Berechnungen sehr bequeme Formel

$$n = \frac{\sin\frac{a+P}{2}}{\sin\frac{P}{2}} \frac{\cos\frac{a+P-2e}{2}}{\cos\gamma}. \qquad (6)$$

Einfacher gestaltet sich die letzte Gleichung, wenn der ein- und austretende Strahl gegen die Prismenflächen symmetrisch liegen, also $e = b_{\prime}$ ist; dann wird nach (4) auch $P = 2e - a$ und

$$n = \frac{\sin\frac{a+P}{2}}{\sin\frac{P}{2}}. \qquad (7)$$

Ist der aus dem Prisma austretende Strahl senkrecht gegen die Prismenfläche, also $b_{\prime} = 90^0$, so vereinfacht sich die allgemeine Formel (6) ebenfalls. Es ist nämlich

$$n = \frac{\sin(a+P)}{\sin P}, \qquad (8)$$

wovon man sich schon durch den Anblick der (Fig. 2, Taf. XI) überzeugen kann.

Durch eine ganz einfache, von Radau[1]) angegebene Construction kann man den Gang eines auf ein Prisma auffallenden Lichtstrahles geometrisch verfolgen, was bei der Verfertigung von Instrumenten von einigem Nutzen ist.

Man zeichne den brechenden Winkel des Prismas, sowie den einfallenden Strahl und beschreibe um den Einfallspunct 0 (Fig. 3, Taf. XI) als Mittelpunct zwei Kreise, deren Radien sich wie 1 zu n verhalten. Der verlängerte einfallende Strahl schneide den ersten Kreis

1) Radau, Pogg. Ann. Bd. 118. pag. 452.

im Puncte I, durch diesen ziehe man ein Loth zur Einfallsfläche, welches den zweiten Kreis im Puncte II trifft. Ein Loth von II auf die Austrittsfläche schneide den ersten Kreis im Puncte III. Es geben nun die Linien 0II und 0III die Richtungen des gebrochenen und austretenden Strahles, denn es ist in den Dreiecken 0III und 0IIIII

$$\sin 0\mathrm{I}\mathrm{II} : \sin \mathrm{I}\mathrm{II}0 = \sin e : \sin b = n : 1 \text{ und}$$

$$\sin 0\mathrm{III}\mathrm{II} : \sin 0\mathrm{II}\mathrm{III} = \sin b_{,} : \sin e = n : 1.$$

In dem speziellen Falle, dass der Ein- und Austrittswinkel einander gleich sind, wenn also die oben aufgestellte Gleichung (7) Geltung besitzt, erkennt man aus der (Fig. 3, Taf. XI), dass der Ablenkungswinkel $a =$ I0III ein Minimum wird. Der Bogen IIII, der auf dem ersten Kreise durch die Schenkel des von II aus gezogenen Winkels IIIIII abgeschnitten wird, erlangt seinen kleinsten Werth, wenn III0 gleich IIIII0 ist, was obige Behauptung rechtfertigt.

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde angenommen, es falle auf das Prisma nur einfarbiges Licht; wenn nun ein aus mehreren Farben gemischtes Licht einfällt, so wird dieses in seine farbigen Bestandtheile zerlegt, da jeder Farbe ein anderer Brechungsindex zukommt. Zur genaueren Angabe der Farben bezieht man sie auf die in dem Sonnenlicht fehlenden Farben, welche Fraunhofer mit Buchstaben bezeichnete. Sollen für diese Fraunhofer'schen Linien die Brechungsindizes bestimmt werden, so kann dies nach den obigen Formeln auf mehrfache Weise geschehen.

Man berechnet nach (5) und (6) für jede Linie den Werth von n, dazu müssen die Winkel P, a und e durch Messungen gefunden werden. Wird für jede Farbe das Prisma so gestellt, dass ein Minimum der Ablenkung eintritt, so berechnet sich n nach der Formel (7), welche nur die Bestimmung von P und a voraussetzt. Bleibt der Austrittswinkel des Lichtstrahls immer 90^{0}, so gestattet die Gleichung (8) ebenfalls nur aus den Winkeln a und P die Werthe von n zu berechnen. Die genaue Ausführung der eben besprochenen Methoden ist etwas langwierig, weshalb man in den Fällen, wenn keine bedeutende Genauigkeit gefordert wird, kürzere Operationen ausführt. Um die etwas schwierige Einstellung auf eine Minimumablenkung für jede Farbe zu umgehen, hat Fraunhofer[1]) diese nur für die von ihm D genannte Linie ausgeführt und sodann die Bogen BC, CD etc.

1) Fraunhofer, Gilb. Ann. Bd. 56. pag. 264.

in dem Falle gemessen, wenn die Entfernung zweier Linien von einander am kleinsten war, was dann eintritt, wenn ein in der Mitte zwischen ihnen liegender Strahl mit dem einfallenden den kleinsten Winkel bildet. Die Beobachtung dieses Bogens lässt sich leichter mit Genauigkeit ausführen und dient nun zur Bestimmung der Brechungsindizes A_n, B_n etc. der Linien A, B etc. nach den Formeln:

$$A_n = \frac{1}{\sin\frac{P}{2}} \sin\frac{1}{2}(a + P - CD - BC - AB)$$

$$B_n = \frac{1}{\sin\frac{P}{2}} \sin\frac{1}{2}(a + P - CD - BC)$$

$$C_n = \frac{1}{\sin\frac{P}{2}} \sin\frac{1}{2}(a + P - CD)$$

$$D_n = \frac{1}{\sin\frac{P}{2}} \sin\frac{1}{2}(a + P)$$

$$E_n = \frac{1}{\sin\frac{P}{2}} \sin\frac{1}{2}(a + P + DE)$$

$$F_n = \frac{1}{\sin\frac{P}{2}} \sin\frac{1}{2}(a + P + DE + EF)$$

$$G_n = \frac{1}{\sin\frac{P}{2}} \sin\frac{1}{2}(a + P + DE + EF + FG)$$

$$H_n = \frac{1}{\sin\frac{P}{2}} \sin\frac{1}{2}(a + P + DE + EF + FG + GH).$$

Meyerstein[1]) schlägt vor, zuerst den Ablenkungswinkel a für irgend eine Linie, deren Brechungsindex zu berechnen ist, auszumessen, sodann das Prisma so lange zu drehen, bis Ein- und Austrittswinkel mit einander vertauscht sind, was man daran erkennt, dass der Ablenkungswinkel wieder der gleiche ist. Der Winkel, um welchen das Prisma gedreht wurde, ist $e - b_1 = d$, so dass nach der Bestimmung von a und d die Formeln (5) und (6) zur Berechnung des Brechungs-

1) Meyerstein, Pogg. Ann. Bd. 114. pag. 140.

index dienen; man beachte dabei, dass $d = a + P - 2e$ ist. Indess wäre hierdurch keine wesentliche Vereinfachung der Beobachtung erzielt, weil man für jeden Brechungsindex ebenfalls zwei Winkel zu messen hat; es hat jedoch ein Beobachtungsfehler in d nur einen geringen Einfluss auf den Werth von n, besonders wenn d klein, d. h. in der Nähe der Minimalablenkung gewählt wird. Schon eine ziemliche Genauigkeit bis auf zwei Einheiten in der vierten Dezimale kann man erreichen, wenn man für das ganze Spectrum denselben Ablenkungswinkel beibehält und nur die Drehungen d für jede einzelne Farbe bestimmt. Es ist in diesem Falle nur eine einzige genaue Winkelmessung nothwendig, während die Hülfswinkel d nur angenähert richtig sein müssen.

Die Ausdehnung des Spectrums für irgend ein Prisma findet man durch Berechnung des Winkels, den die beiden äussersten Strahlen mit einander bilden, was nach einer der eben angeführten Methoden geschehen kann. Bequemer wird in den meisten Fällen die geometrische Construction sein. Bei einem Flintglasprisma von $59^0\ 56'\ 40''$ wurden die Brechungsindizes für A gleich 1.6062, für H gleich 1.6483 gefunden. Ist der Einfallswinkel $54^0\ 31'\ 15''$, so ist der Winkel, den die austretenden Strahlen A und H mit einander bilden, $4^0\ 6'\ 22''.5$, ein Resultat, welches man, wenn auch weniger genau, nach der Radau'schen Construction findet, wie (Fig. 4, Taf. XI) zeigt.

Eine sehr wichtige Frage ist es, welche Bedingungen zu erfüllen sind, damit das Spectrum in seiner vollen Reinheit auftrete. Die Antwort kann in Kürze so gegeben werden, es muss das Spectrum möglichst hell und möglichst scharf sein.

Die Helligkeit des Spectrums wächst mit der Intensität des auf das Prisma auffallenden und dasselbe durchdringenden Lichtes, und nimmt ab mit der Ausbreitung des Spectrums. Von dem Lichte, welches auf das Prisma fällt, wird nur ein Theil dasselbe durchdringen, indem an den Grenzflächen des Prismas ein von dem Einfallswinkel auf diese Flächen abhängiger Theil reflectirt wird. Für eine genaue Berechnung des Verlustes an beiden Flächen dienen die Fresnel'schen Intensitätsformeln. Es kann jedoch hier nicht der Ort sein, diese etwas langwierige Rechnung durchzuführen, es mag genügen, das Resultat anzugeben: das Maximum der Helligkeit muss für den Winkel der kleinsten Ablenkung eintreten.

Die Ausbreitung des Spectrums ist jedoch ebenfalls abhängig von

dem Einfallswinkel, es wird dieselbe bei streifendem Einfallen immer geringer und deshalb sollte die Helligkeit immer grösser werden. Aus beiden eben angeführten Gründen wird das Maximum der Helligkeit für einen Einfallswinkel stattfinden, der etwas grösser als der der kleinsten Ablenkung ist. Etwas ausführlicher findet man diese Betrachtung von Mousson in seiner Abhandlung über Spectralbeobachtungen.[1])

Reine und grosse Prismen werden selbstverständlich die Helligkeit vermehren, während durch Vergrösserung des Spectrums die Helligkeit abnimmt. Durch eine bedeutende Zerstreuung des Lichtes vermöge stark brechender Medien oder durch grosse brechende Winkel (auch durch mehrere Prismen) wird das Spectrum nur in einer Richtung vergrössert, während bei vergrössernden Fernröhren eine Ausbreitung nach allen Richtungen stattfindet. Somit ist im letzten Fall die Helligkeit bei gleicher Ausdehnung des Spectrums geringer.

Eben so wichtig wie die Helligkeit ist auch die Schärfe des Spectrums, es sollen die einzelnen Farben vollkommen von einander getrennt erscheinen und jeder Strahl von bestimmtem Brechungsindex eine einzige mathematische Querlinie bilden. Die Trennung der einzelnen Farbentöne wird durch alle diejenigen Mittel vermehrt, welche eine Ausbreitung des Spectrums hervorrufen. Meist dienen hierzu stark brechende Medien, Vergrösserung durch Telescope oder endlich Brechung durch mehrere Prismen, was eigentlich nichts anderes als eine Vergrösserung des brechenden Winkels ist.

Soll eine Farbe im Spectrum nur eine mathematische Linie bilden, so muss die Lichtquelle und das von derselben entworfene Bild eine mathematische Linie sein. Damit Letzteres möglichst genau eintrete, werden drei verschiedene Methoden angewendet:

1) Durch eine Reihe von Schirmen mit schmalen Oeffnungen werden die stark divergirenden Strahlen weggenommen, so dass die übrig bleibenden Strahlen als parallel angesehen werden können, welche sodann durch unser Auge oder mit Hilfe eines Telescopes auf der Netzhaut vereinigt werden.

2) Die divergirenden Strahlen werden durch eine Linsencombination parallel gemacht und nun wie bei 1 behandelt.

---

1) Mousson, Pogg. Ann. Bd. 112. pag. 428.

3) Durch eine Linsencombination werden die divergirenden Strahlen wieder vereinigt, so dass ein wirkliches Bild entsteht.

Je nachdem ein Lichtstrahl auf ein Prisma einfällt, wird eine grössere oder geringere Ausbreitung des Bildes von irgend einem Farbentone entstehen. Bei einem streifenden Austreten müsste danach das Spectrum am reinsten werden. Ebenso ist eine bedeutende Vergrösserung oder überhaupt eine grosse Ausdehnung des Spectrums für die Deutlichkeit wünschenswerth.

Betrachtet man die Forderungen, welche zur Erhaltung eines scharfen und hellen Spectrums gestellt werden, so ist leicht zu erkennen, dass mehre derselben sich widersprechen; gleichzeitig sind dieselben also nicht zu erfüllen und man muss auswählen, welche Forderungen am wichtigsten sind. Folgendes kann im Allgemeinen Anhaltspuncte liefern:

Die Helligkeit der Beleuchtung steigere man möglichst. Ist die Lichtquelle nicht an und für sich linear, so lasse man das Licht durch eine Spaltöffnung hindurch fallen; die Breite des Spaltes richtet sich nach der Intensität der Beleuchtung; bei grosser Intensität kann man die Breite des Spaltes kleiner machen, um eine grössere Schärfe zu erzielen, während eine bedeutendere Spaltbreite die mangelnde Helligkeit unterstützen muss. Da für das Minimum der Ablenkung das Spectrum die grösste Helligkeit besitzt, aber erst bei einem streifenden Austreten der Lichtstrahlen die grösste Deutlichkeit eintritt, so wähle man eine Mittelstellung des Prismas, so dass die Strahlen etwas mehr streifend aus demselben treten, als wenn sie das Minimum der Ablenkung erfahren würden. Alle übrigen oben angeführten Bedingungen können strenge erfüllt werden.

Nachdem wir so im Allgemeinen die Erfordernisse kennen gelernt haben, welche bei der Erzeugung eines Spectrums zu beobachten sind, können wir zu der Betrachtung der Instrumente übergehen, welche dazu dienen sollen, die Spectral-Erscheinungen zu beobachten. Zur leichteren Uebersicht können wir dieselben in verschiedene Gruppen theilen, welche zwar nicht ganz strenge aus einander gehalten werden können, aber dennoch zum Verständniss beitragen werden.

Die Apparate dienen entweder zur subjectiven oder objectiven Betrachtung. Die ersteren sind aber entweder zu qualitativen oder zu quantitativen Prüfungen bestimmt; wir unterscheiden demnach:

A. Apparate zu subjectiven Beobachtungen:
 1. Spectroscope,
 2. Spectrometer;
B. Apparate zu objectiven Darstellungen.

1. Spectroscope.

Das einfachste Instrument dieser Art ist jedenfalls das von Mousson[1]) angegebene Spectroscop. Ein in dem physikalischen Kabinet zu Stuttgart befindliches Exemplar ist der folgenden Beschreibung zu Grunde gelegt, und auf (Taf. XIII, Fig. 1, 2 und 8) in $^1/_3$ natürlicher Grösse dargestellt; (Taf. XIII, Fig. 1 a. und 3 bis 7) sind zugehörige Details.

Fig. 3 und 4 zeigt den verstellbaren Spalt in natürlicher Grösse, von welchem die eine Kante *a* fest, die andere *b*, von Leisten geführt, vermittelst der Schraube *c* verschoben werden kann. Die Spaltplatte ist auf einem in (Fig. 3) sichtbaren kurzen Messingrohr aufgelöthet, das durch Bajonetschluss an eine innen geschwärzte Röhre *A* (Fig. 2) angesteckt werden kann. Um nur die weniger divergirend von dem Spalt ausgehenden Strahlen auf das Prisma gelangen zu lassen, sind in *A* drei aus Messingblech gefertigte Blendungen α, β, γ eingesteckt, von denen eine in (Fig. 8) in der Ansicht dargestellt ist. Die Röhre *A* verschiebt sich in der zweiten Röhre *B* (Fig. 1), welche an dem dem Spalt abgewendeten Ende einen Ansatz *C* trägt, worin sich das Prisma befindet. *C* ist an der Vorderseite unter einem Winkel von 45° abgeschnitten, und durch eine aufgeschraubte Platte *D* mit viereckiger Beobachtungs-Oeffnung *E* geschlossen (Fig. 1 a und 7). Das Prisma *P* (Fig. 6) kann vermittelst eines aus *C* hervorstehenden Knopfes um eine der brechenden Kante des Prismas parallele Axe gedreht werden.

Der Spalt dessen Ränder möglichst geradlinig hergerichtet und dessen oberer Theil bei der Verschiebung immer parallel zu dem anderen Rand bleiben muss, kann bei den meisten Untersuchungen ungefähr $^1/_2$ mm. breit genommen werden. Durch einen Pinsel ist derselbe immer rein zu erhalten, damit im Spectrum nicht die sehr lästigen Längsstreifen auftreten.

Vor dem Beginne einer Beobachtung muss die Entfernung des Spaltes von dem Auge der Sehweite des Beobachters angepasst wer-

---

1) Mousson, Pogg. Ann. Bd. 112. pag. 428.

den, was näherungsweise dadurch geschieht, dass man die Ansatzröhre mit dem Prisma wegnimmt, das Auge ungefähr in der Entfernung $\alpha\beta$ von dem Röhrenende hält und nun die Röhre A mit dem Spalt so lange verschiebt bis die Ränder des letzteren vollkommen scharf begrenzt erscheinen. (Es darf dabei die Beleuchtung nicht zu hell sein.) Die Prismenröhre wird nun wieder an ihren Platz gebracht, so dass die brechende Kante des Prismas parallel der Spaltöffnung wird, und während das Auge durch E nach dem Prisma blickt, wird dasselbe so lange vermittelst des Knopfes gedreht, bis die Fraunhoferschen Linien mit voller Schärfe auftreten, was nach dem Oben Gesagten der Minimumstellung nahe sein wird.

Für viele Beobachtungen ist es bequem, wenn die Röhre B in der Mitte von einer Zwinge gefasst ist, welche dann nach allen Richtungen hin beweglich, entweder auf einem schweren Dreifuss oder an einer festen Wand befestigt ist. Eine Zeichnung dieser sehr einfachen und auf mannigfache Weise ausführbaren Einrichtung ist wohl unnöthig.

Bei dem von Mousson beschriebenen Instrument ist der Deckel D nicht wie in der Zeichnung gerade, sondern es bildet derselbe ein 6 bis 9 cent. grosses geschwärztes Schutzblech, welches etwas ausgebogen ist, damit das Auge des Beobachters sich in die Vertiefung einlegen kann und so vor den von der Seite einfallenden Strahlen geschützt ist.

Mousson's Spectroscop giebt, wenn das kleine Prisma gut ist, für ein gesundes Auge sehr schöne und lichtstarke Bilder, so dass mit demselben noch die schwächeren Fraunhofer'schen Linien erblickt werden, ausserdem empfiehlt sich das Instrument durch seine Wohlfeilheit.

Weniger einfach, jedoch im Gebrauche ganz bequem, ist die Form des Spectroscopes, welche einige englische Mechaniker demselben ertheilten. (Taf. XIV, Fig. 2 *a, b, c, d*) ist ein solches Spectroscop in $^1/_4$ natürlicher Grösse und zwar ist *a* eine Seitenansicht des Instrumentes, *c* eine Ansicht von oben, *d* eine Ansicht des Fusses und *b* eine der beweglichen Platte, auf welcher das Beobachtungsrohr festgeschraubt ist, endlich *e* die Spaltplatte. Es unterscheiden sich die Instrumente dadurch, dass die Ebene, in welcher die Brechung der Lichtstrahlen erfolgt, nicht horizontal, sondern vertical gerichtet ist. Auf einer mit drei Füssen versehenen Säule ist ein 5 seitiges Messingkästchen aufgeschraubt, dessen beide Seitenplatten mit Schrauben aufgesetzt sind. Während die erste auf den Fuss geschraubte Seite des Kästchens horizontal steht, ist die

zweite vertical und trägt das Auszugrohr mit dem Spalt. An der dritten Seite ist das brechende Prisma angekittet, und in die vierte, um ein Scharnier bewegliche, ist das Beobachtungsfernrohr eingeschraubt. Vermittelst der Micrometerschraube kann der beweglichen Platte mit dem Beobachtungsfernrohr jede beliebige Lage gegeben, und so die nach verschiedenen Richtungen gebrochenen Strahlen beobachtet werden.

Für manche Zwecke ist es unbequem, dass die Richtung, in welcher man das Spectrum beobachtet, nicht mit der Axe des Instrumentes zusammenfällt. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, sind mehre Vorschläge gemacht worden.

Amici mag wohl, wie Radau[1]) angiebt, zuerst auf den Gedanken gekommen sein, ein directes Anvisiren zu ermöglichen, und nach seiner Idee verfertigt Hofmann in Paris solche Spectroscope. Später, jedoch ganz unabhängig von Amici schlug Simmler[2]) eine ähnliche Construction vor, welche sodann von Herrmann und Studer in Bern verwirklicht wurde.

Die Aufgabe, dass Auge, Spalt und Lichtquelle in eine gerade Linie fallen, kann verschieden gelöst werden; da sowohl durch Reflexion wie durch Brechung ein aus seiner Richtung abgelenkter Strahl wieder in die alte Richtung gebracht werden kann, so muss auf beiden Wegen eine Lösung möglich sein. Simmler, welcher sowohl der Reflexion wie Brechung erwähnt, bediente sich anfangs nur des einfacheren Mittels, der Reflexion. Ob man sich zum Reflectiren eines Spiegels oder eines Prismas bedient, macht keinen Unterschied, in dem letzteren Falle nimmt man gewöhnlich ein rechtwinkliges Prisma, an dessen Hypothenusenfläche die Reflexion stattfindet. Die richtige Stellung des Spiegels oder Prismas kann am einfachsten durch Ausprobiren gefunden werden.

Während bei den eben erwähnten Apparaten von Simmler 2 Prismen oder 1 Prisma und ein Spiegel nothwendig sind, macht Alex. Herschel[3]) darauf aufmerksam, dass ein Prisma hinreiche, da es immer möglich ist auf die eine Seite eines Prismas einen Lichtstrahl so auffallen zu lassen, dass er nach doppelter innerer Reflexion

---

1) Radau, Pogg. Ann. Bd. 118. pag. 452.
2) Simmler, Pogg. Ann. Bd. 120. pag. 623.
3) Moniteur scientif. T. 7. 1865. pag. 259.

parallel der Einfallsrichtung aus einer entgegengesetzten Prismenfläche austritt.

In der Zeichnung (Taf. XI, Fig. 5) ist der Gang der Lichtwellen verzeichnet. Es sind die beiden in der Rechnung vorkommenden Prismenwinkel, A und C. Die Winkel, welche die einfallende und gebrochene Welle mit der ersten Prismenfläche bilden, sind e und b, die letztere Welle macht mit den Prismenflächen, an denen die erste und zweite Reflexion erfolgt, die Winkel u und v; endlich sind die Winkel der auf die Austrittsfläche einfallenden und der austretenden Welle mit dieser Fläche b_1 und e_1.

Aus der Zeichnung ergeben sich nun leicht die Relationen:

$$b_1 + e = C = v + e_1$$
$$u = A + b = v - A, \text{ daraus folgt}$$
$$C - 2A = e_1 + b \text{ und}$$
$$\cos(C - 2A) = \cos e_1 \cos b - \sin e_1 \sin b.$$

Nach dem Brechungsgesetz ist aber

$$\frac{\sin e}{\sin b} = \frac{\sin b_1}{\sin e_1} = n, \text{ mithin}$$

$$\cos(C - 2A) = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{n^2}\sin^2 b_1\right)\left(1 - \frac{1}{n^2}\sin^2 e\right)} - \frac{1}{n^2}\sin b_1 \sin e.$$

Macht man das Prisma rechtwinklig, ist also $C = 90^0$, so wird

$$\sin 2A = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{n^2}\sin^2 b_1\right)\left(1 - \frac{1}{n^2}\sin^2 e\right)} - \frac{1}{n^2}\sin b_1 \sin e.$$

Die totale Zerstreuung ist dabei die eines Strahles, der die Ablenkung $2A$ erfahren, wie wenn derselbe ein gewöhnliches Prisma von dem brechenden Winkel $(C - 2A)$ durchlaufen hätte; denn es ist bei gewöhnlicher Brechung nach Formel (3) $P = e_1 + b$, so dass dem Prismenwinkel P in dem betrachteten Falle der Winkel $(C - 2A)$ entspricht, also die totale Ablenkung $a = e + b_1 - P = 2A$ wird.

Dem Minimum der Ablenkung, entsprechend bei gewöhnlicher Brechung, muss $b_1 = e = \frac{C}{2}$ sein; obige Gleichung wird in diesem Falle

$$\sin 2A = 1 - \frac{2}{n^2}\sin^2\frac{C}{2} = 1 - \frac{1}{n^2}.$$

Setzt man den Winkel C gleich 90^0 voraus, so findet man aus der

letzten Formel für den Winkel A des Prismas den Werth $16^0\ 52'.5$, wenn $n = 1.5$ angenommen wird.

Selbstverständlich können nun zwei oder mehre Prismen combinirt werden. So erhält man durch zwei Prismen, welche mit der Kante B unter einem Winkel von $180 - 2b_1$ zusammenstossen, ebenfalls ein Spectroscop mit directer Visirung, aber doppeltem Dispersionsvermögen (einer doppelten Ablenkung zweimal $2A$ entsprechend).

Auch durch achromatische Prismen kann ein Lichtstrahl wie von einem Spiegel abgelenkt werden, ohne dass derselbe eine Farbenzerstreuung erleidet. Amici bediente sich dieses etwas umständlicheren Mittels. Zur Bestimmung der Prismen stellte Radau Formeln auf und giebt auch eine sehr einfache Construction dafür.

Schaltet man nämlich zwischen zwei ungleichseitige zu einander symmetrische Prismen aus einer gegebenen Glasart, z. B. Kronglas, eine alternirende Reihe von gleichseitigen Kron- und Flintglasprismen ein, wie in (Taf. XI, Fig. 6) und ist der Winkel C der gleichschenkligen Prismen willkührlich gewählt, so berechnet sich der brechende Winkel A des ersten und letzten Prismas nach der Natur der beiden Glasarten. Nehmen wir z. B. drei Prismen, von denen das erste und letzte Kron-, das mittlere Flintglas ist, mit den Brechungscoeffizienten n und m. Die einfallenden und austretenden Strahlen sind parallel der Axe des ganzen Prismensystems, und da dieses nach beiden Seiten symmetrisch ist, muss der Strahl das mittlere Prisma ebenfalls parallel der Axe durchlaufen (dabei ist immer ein Strahl von mittlerer Brechung vorausgesetzt).

Zur Berechnung des Winkels A dienen die leicht zu entwickelnden Relationen:

$$\sin\left(A - \frac{C}{2}\right) = n \sin b$$

$$m \sin b_1 = n \sin u = n \sin(A - b) = m \sin \frac{C}{2}.$$

Macht man den Winkel C, wie gewöhnlich geschieht, gleich 90^0, so findet man aus obigen Gleichungen

$$\operatorname{tg}(A - b) = \frac{m}{\sqrt{2n^2 - m^2}}$$

und hieraus

$$\operatorname{tg} A = \frac{m - 1}{\sqrt{2n^2 - m^2 - 1}}.$$

Die allgemeinere Bestimmung bei der Anwendung von 5, 7 etc. Prismen geschieht ganz ebenso und man findet leicht

$$\operatorname{tg} A = \frac{\sqrt{n^2 + x(m^2 - n^2)} - 1}{\sqrt{n^2 - x(m^2 - n^2)} - 1},$$

wobei $2x + 1$ die Anzahl der Prismen bedeutet.

Einfacher ist die Bestimmung des Winkels A auf constructivem Weg. Man beschreibe drei conzentrische Kreise mit den Radien 1, n und m, und ziehe einen Radius, der sie in den mit 1, n und m bezeichneten Puncten schneide. Zwischen den beiden äusseren Kreisen beschreibe man zwei gebrochene Linien, welche in den Puncten n und m beginnen, und deren erste Stufen mit dem Radius einen Winkel $\frac{C}{2}$ bilden; die Stufen sind gegen einander unter dem Winkel C geneigt. Verbindet man die Puncte 3, 5 etc. mit 1, so bilden die Linien 13, 15 etc. mit m 3, (3) 5 etc. Winkel, deren Werthe dem gesuchten Winkel A für 3, 5 etc. Prismen gleich sind, unter der Voraussetzung, dass das erste und letzte Prisma aus Kronglas bestehen. Wenn man dagegen die Puncte (3), (5) etc. mit 1 verbindet, so sind die Winkel, welche die Linien 1(3), 1(5) etc. mit n(3), 3(5) etc. einschliessen, die gesuchten Werthe von A, wobei die Prismencombinationen mit einem Flintglasprisma beginnen.

Die Construction ist gleichsam nur eine mehrmalige Wiederholung der schon oben angeführten, welche zur Bestimmung der totalen Ablenkung eines Lichtstrahles durch ein Prisma dient. Es folgert deshalb die Richtigkeit der Construction ganz einfach aus der früheren Betrachtung, wenn man beachtet, dass in (Taf. XI, Fig. 3) der Winkel I II III dem Prismenwinkel gleich ist.

Nimmt man, wie es gewöhnlich geschehen wird, den Winkel C gleich 90° an, und sind die Brechungscoeffizienten der zu verwendenden beiden Glassorten $n = 1.53$ und $m = 1.63$; soll überdies die Combination nur aus drei Prismen bestehen, von denen das erste aus Kronglas ist, so wird

$$\operatorname{tg} A = 1.4894 \quad \text{und} \quad A = 56^0\, 7^1/_3{}',$$

was man auch durch die Construction (Taf. XI, Fig. 7) findet.

Ein Handspectroscop nach Simmler von Herrmann und Studer in Bern ist auf (Taf. XV, Fig. 1) in $^1/_4$ natürlicher Grösse dargestellt. (Fig. 1 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*) sind Details in natürlicher Grösse, — und zwar ein

Exemplar mit zwei Zerstreuungs- und zwei Reflexionsprismen. *b* und *c* zeigen im Grund- und Aufriss die vier Prismen; diese sind auf kleine Messingplatten aufgekittet, welche durch Schrauben auf einer gemeinschaftlichen Tablette befestigt werden. Wenn man die Schrauben etwas nachlässt, so können die Prismen in jede Richtung gedreht und so auf empirische Weise eingestellt werden. Man beginne mit dem ersten Prisma, stelle es für das Minimum der Ablenkung, führe den mittleren Strahl, z. B. Natronlicht, vermittelst des zweiten Prismas in die Einfallsrichtung zurück, und wiederhole dieses Verfahren bei den beiden anderen Prismen ebenfalls. Für parallele Lage aller Prismenkanten muss durch möglichst genaue Arbeit gesorgt werden.

Die Prismenplatte ist in die weitere Röhre (α) des einem Zugfernrohr ähnlichen Spectroscopes eingesetzt und hier festgeschraubt, wie in dem Schnitt *e* ersichtlich. In der an (α) angelötheten engeren Röhre (β) verschiebt sich der Auszug, welcher vorn die verstellbare Spalte [*a* und *d*] trägt. Am Prismenende ist die Röhre durch einen abnehmbaren Deckel, in den die kreisrunde Ocularöffnung eingeschnitten ist, geschlossen; sie misst 20 Cent. in der Länge, während der Auszug noch weitere 8 Cent. lang ist, so dass die ganze Länge der innen geschwärzten Röhre 25 Cent. betragen kann. Wie bei dem Mousson'schen Spectroscope muss der Auszug nach dem Auge des Beobachters eingestellt werden.

Die übrigen Spectroscope zum directen Visiren unterscheiden sich in constructiver Beziehung nur wenig von dem eben beschriebenen Instrumente, indem allein die dem jeweiligen System entsprechenden Prismen, welche auf der erwähnten Prismenplatte befestigt sind, eine kleine Verschiedenheit bedingen.

Zwischen den Spectroscopen und den Spectrometern bilden diejenigen Apparate gleichsam einen Uebergang, welche zur Vergleichung zweier Spectren dienen, oder eine Schätzung für die Lage einzelner Spectrallinien zulassen. Solche Spectralapparate sind entweder mit einer Poggendorff'schen Spiegelablesung, einer Scala, oder einer Micrometervorrichtung versehen, welche jedoch keine strenge Winkelmessung gestattet.

Der von Bunsen und Kirchhoff zu ihren anfänglichen Versuchen angewendete Apparat ist in der Skizze Fig. 8 (S. 80) dargestellt. Spalt- und Beobachtungsfernrohr werden, wie bei den nachher zu beschreibenden Instrumenten, von dem trapezförmigen, innen geschwärzten

Kasten getragen, und bilden nahe einen Winkel von 58° mit einander. Im Innern des Kastens befindet sich ein Schwefelkohlenstoffprisma von 60° brechendem Winkel; es ist auf der Messingplatte *a* befestigt, welche sich vermittelst des Armes *b* um eine verticale Axe drehen lässt. Letztere trägt einen Spiegel, und diesem gegenüber befindet sich, unabhängig von dem Apparate, ein Ablesefernrohr, welches das Spiegelbild einer in geringer Ferne aufgestellten horizontalen Scala zeigt.

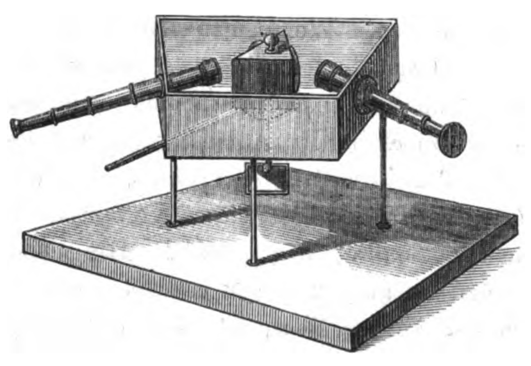


Fig. 8.

Durch Drehen des Prismas kann jede Stelle des Spectrums mit dem Verticalfaden des Beobachtungsfernrohres zum Decken gebracht und diese durch eine entsprechende Scalenablesung markirt werden.

Eine genauere Zeichnung und Beschreibung des Apparates ist unnöthig, da er vollkommen durch ein von Steinheil gefertigtes Instrument verdrängt ist, und letzteres sogleich einer eingehenderen Betrachtung unterworfen werden soll, woran sich die von anderen Mechanikern getroffenen Veränderungen anschliessen.

Auf (Taf. XII, Fig. 1) ist ein Verticalschnitt in $^1/_4$ natürlicher Grösse. In den gusseisernen Fuss *a* ist die horizontale Messingplatte *b* geschraubt, welche das Flintglasprisma von 60° brechendem Winkel und den Messingring *c* trägt, in welchen das Auszugrohr *d* eingeschraubt werden kann. An dem äusseren Ende ist dieses durch eine mit einem verticalen Spalt versehene Platte verschlossen, an dem anderen gegen das Prisma gekehrten Ende durch eine achromatische Sammellinse. In (Fig. 4 und 5) ist die Spaltplatte im Detail gezeichnet. Nur die obere Hälfte des Spaltes ist frei, während die untere von einem gleichseitigen mit einer Fläche auf der Platte aufliegenden Prisma gedeckt ist. Durch die obere Hälfte kann also ein Lichtstrahl frei eintreten, dagegen gelangt ein von der Seite einfallender Strahl nur nach einmaliger innerer Reflexion an der Hypothenusenfläche des kleinen Prismas, parallel mit der Axe in das Auszugrohr. ([Taf. XI, Fig. 9] soll den Gang dieses Lichtstrahles versinnlichen.) Von den

beiden den Spalt bildenden Schneiden ist die eine um *a* (Fig. 4) drehbar und wird durch die an *b* anliegende starke Feder nach *c* gedrückt. Durch Anziehen der Schraube kann somit die eine Schneide parallel mit der anderen gestellt werden, welche sich nur zwischen den beiden Leisten vermittelst der Schraube *d* (Fig. 4 und 5), parallel mit ihrer anfänglichen Stellung, verschieben lässt.

An den Hals des Fusses sind zwei über einander liegende Zapfen angedreht, um welche sich zwei Arme drehen. Der untere Arm ist durch ein Halsband (Fig. 6) an den Zapfen angedrückt, der obere dagegen vor dem Aufschrauben des Prismentisches aufgesteckt. Letzterer trägt an seinem äusseren Ende einen Ring, gegen den ein zweiter Ring vermittelst Schrauben verstellbar ist, der seinerseits ein astronomisches Fernrohr von ungefähr achtfacher Vergrösserung hält. Die beiden Schrauben *a* (Fig. 3) sitzen in dem Ring *A*, während sie frei durch *B* hindurchgehen, also eine Bewegung des Fernrohres um die horizontale Linie erlauben, was durch die beiden Zug- und Druckschrauben *b* und *c* geschieht.

Der zweite Arm steht etwas excentrisch, er hält das kleine Rohr *C* (Fig. 1), das an dem gegen das Prisma gekehrten Ende durch eine achromatische Sammellinse, an dem anderen durch ein Glasplättchen geschlossen ist, auf welchem eine Milimeterscala in dem Maassstabe von etwa $^1/_{15}$ photographisch nachgebildet ist. Die Glasplatte ist nach aussen mit Staniol überzogen und nur ein Streifen entsprechend der Scala ausgeschnitten, so dass, gegen ein Licht gehalten, die Theilstriche und Zahlen sich hell auf dunklem Grunde zeigen. Das Scalenrohr selbst kann durch die beiden Stellschrauben *m*, *n* (Fig. 2) seitlich verschoben, sowie von der Schraube *o* (Fig. 1 und 7) an dem einen Ende gehoben werden. Die Feder *f* (Fig. 1) hat die Röhre gegen den Arm anzudrücken.

Es soll nun bei einem solchen Apparate das durch den Spalt direct oder nach innerer Reflexion in dem kleinen Prisma fortschreitende Licht parallel auf das Prisma einfallen, durch dasselbe zerstreut werden, und das entstandene Spectrum durch das astronomische Fernrohr vergrössert und vollkommen deutlich dem Beobachter erscheinen. Zugleich müssen die Scalentheile sich hell auf dem Spectrum zeigen, was dadurch gelingt, dass die Strahlen, welche von der beleuchteten Scala ausgehen, ebenfalls parallel auf die Vorderfläche des brechenden Prismas fallen, hier reflectirt werden und nun gleichzeitig mit

den gebrochenen Strahlen in das Beobachtungsfernrohr gelangen. Um alle diese Bedingungen zu erfüllen, muss die Einstellung auf folgende Weise ausgeführt werden.

Das Beobachtungsfernrohr richtet man auf einen sehr entfernten Gegenstand (am besten einen Fixstern) und verschiebt das Auszugrohr so lange, bis dieser deutlich erscheint. (Um diese Operation nicht immer wiederholen zu müssen, ist es bequem, die Stellung an dem Auszugrohr durch eine feine Linie zu bezeichnen.) Nun schraube man das Fernrohr in den Ring *B* (Fig. 3) und das Spaltrohr in den festen Ring *C* (Fig. 1). Die Axen beider Rohre werden ungefähr gleich gerichtet, so dass man durch das Beobachtungsrohr gegen den Spalt sieht, dessen Ränder durch Verschieben des Auszuges vom Spaltrohre scharf erscheinen müssen. (Auch diese Stellung des Spaltrohres wird durch eine Linie auf dem Auszuge markirt.) Man stelle den Spalt sodann näherungsweise vertical und das Fadenkreuz in dem Beobachtungsfernrohr, so dass die Verticale unter Winkeln von 45° durch dasselbe geschnitten wird. Stellt man den Kreuzungspunct der Faden auf den Spalt und wird dieser nicht in der Hälfte (an der Grenze zwischen dem freien und dem von dem kleinen Prisma überdeckten Theile) geschnitten, so kann man dies durch die beiden Zug- und Druckschrauben *b* und *c* (Fig. 3) bewirken.

Nun bringt man das Prisma auf seinen Tisch und beleuchtet den Spalt durch eine Kochsalzflamme, und sucht durch Drehen des Prismas und des Beobachtungsrohres die Stellung, für welche ungefähr das Minimum der Ablenkung von Natronlicht eintritt, zu erhalten. (Nach dem Früheren wäre eine Zwischenstellung zwischen der Minimumstellung und dem streifenden Austritt der Strahlen noch angemessener.) Die kleine auf den Prismentisch geschraubte Platte *p* (Fig. 2) mit entsprechendem Ausschnitt sichert die gefundene Stellung des Prismas und die nun an den Tisch geklemmte Feder *s* (Fig. 2) verhindert jede Veränderung.

Jetzt kann auch das Scalenrohr auf seinen Arm so aufgesetzt werden, dass die Feder *f* (Fig. 1) zur Wirkung gelangen kann, indem sie in die kleine Nuthe *g* (Fig. 1) eingreift. Beleuchtet man die Scala und dreht den Arm so lange, bis das an dem Prisma gebildete Spiegelbild in dem Beobachtungsfernrohr erscheint, so kann durch Ausziehen des Scalenrohres die Scalentheilung zu voller Deutlichkeit gebracht und die Stellung des Rohres mit einem Striche bezeichnet

werden. Sodann drehe man die Scala bis die Theilstriche vertical stehen, und sollten diese nicht in der Mitte des Gesichtsfeldes sich befinden, so hilft man durch die Zugschraube *o* (Fig. 1 und 7) nach. Es ist zweckmässig, wenn die Reflexion in der Mitte der Prismenfläche erfolgt; man überzeugt sich davon dadurch, dass die Scala noch beobachtet werden kann, wenn man die ganze Prismenfläche, mit Ausnahme des mittleren Theiles, mit schwarzem Papier bedeckt. Ist dies nicht mehr der Fall, so muss man die Excentricität des Scalenrohres mit den beiden Schrauben *m* und *n* (Fig. 2) verändern.

Damit die Beobachtungen an verschiedenen Instrumenten auf einander bezogen werden können, muss die Stellung des Scalenrohres übereinstimmend sein. Man lässt gewöhnlich mit der Fraunhofer-schen Linie *D* (Natriumlinie) den mit 10 versehenen Theilstrich zusammenfallen. (Da jeder von den bezeichneten Theilen noch in 10 Unterabtheilungen getheilt ist, wird der zehnte Theil meist mit 100 bezeichnet.)

Das sehr störende Seitenlicht hält Steinheil durch ein über den Apparat gebreitetes schwarzes Tuch ab; das Beobachtungsfernrohr geht durch einen kreisrunden Ausschnitt des Tuches, welches sodann über das Prisma und die Enden der beiden anderen Rohre herabfällt. Man muss sich dabei hüten, dass nie das Tuch zwischen Prisma und irgend eines der Rohrenden tritt.

Will man die Spectren zweier Lichtquellen mit einander vergleichen, so stelle man die eine in die Richtung der Axe vom Spaltrohr, damit die Strahlen direct durch den oberen Theil des Spaltes auf das Prisma fallen; der zweiten Lichtquelle muss durch Probiren eine solche Stellung ertheilt werden, dass das Licht nach innerer Reflexion an dem kleinen Spaltprisma parallel der Spaltrohraxe auf das brechende Prisma gelangt; diese Stellung ist natürlich immer seitlich von der ersten.

Wenn auch die oben beschriebenen Vorsichtsmassregeln getroffen werden, so erhält man bei verschiedenen Instrumenten für die einzelnen fixen Linien sehr verschiedene Angaben, so dass eine Vergleichung der Versuchsresultate, die mit anderen Apparaten erhalten wurden, sehr erschwert wird. Die Ursachen dieser Unterschiede sind verschiedener Art. Nur dann können die Angaben zweier Instrumente vollkommen gleich sein, wenn die Entfernung zweier Theilstriche der Scala dieselbe, wenn die Brennweite der achromatischen Linse am

Scalenrohr gleich, der Winkel des Prismas, sowie dessen Brechungs- und Zerstreuungsvermögen identisch sind, endlich müssen auch die Stellungen der Prismen übereinstimmen. Ist irgend eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so werden die Angaben verschieden, ja sie können sogar ihre Proportionalität verlieren.

Eine Ungleichheit in der Scaleneintheilung wird kaum vorkommen, weil alle bisher zu den Spectral-Apparaten verwendeten Scalen nur von Salleron und Ferrier in Paris gefertigt werden; doch würde dadurch nur eine proportionale Aenderung eintreten, wie auch bei einer verschiedenen Brennweite der achromatischen Linse des Scalenrohres. In beiden Fällen könnten die Angaben des einen Instrumentes auf die des anderen reduzirt werden. Durch Beobachten je zweier fixen Linien für beide Instrumente würde man den Coëffizient erhalten, mit dem alle Beobachtungen des ersten zu multipliziren sind, um denen des zweiten gleich zu sein. Die Berechnung des fraglichen Coëffizienten aus dem Verhältniss der Scalentheile und der Brennweite der Linse wäre ebenfalls auszuführen, jedoch umständlicher. F. Gottschalk zeigt in einem Aufsatze[1]), dass die Angaben, welche durch die verschiedenen Prismenwinkel, sowie deren verschiedenes Brechungs- und Zerstreuungsverhältniss ihre Proportionalität verlieren; durch Verstellen des einen Prismas mit genügender Annäherung proportional gemacht werden können. Hat man auf vollkommen empirischem Wege diese Stellung gefunden, so ist es leicht, aus je zwei entsprechenden Beobachtungen von Kirchhoff'schen Linien die Angaben des einen Spectral-Apparates auf die des anderen zu reduziren.

Es ist jedoch diese Proportionalität der Scalenangaben nicht nothwendig, um eine genügend genaue Reduction der einen auf die andere zu erreichen. Am bequemsten ist eine graphische Interpolation, welche Steinheil[2]) dazu empfiehlt.

Steinheil schlägt vor, alle Angaben auf die der Bunsen'schen Scala zu bringen, da diese von Bunsen angegeben wurden[3]), nur sind zu den dortigen Angaben immer 50 Scalentheile zu addiren; die Angaben für die Fraunhofer'schen Linien lauten in Scalentheilen:

$B = 78{,}0$; $C = 84.0$; $D = 100.0$; $E = 121.0$;
$F = 139.6$; $G = 177.6$; $H = 211.8$.

1) Pogg. Ann. Bd. 121. St. 1. pag. 64.
2) Pogg. Ann. Bd. 122. pag. 167.
3) Pogg. Ann. Bd. 119. pag. 10.

Bei einem ganz gleichen, dem Karlsruher Polytechnikum gehörigen Spectral-Apparat fand ich folgende Werthe:

$$B = 78.8;\quad C = 84.6;\quad D = 100.0;\quad E = 120.3;$$
$$F = 138.2;\quad G = 174.6;\quad H = 207.0.$$

Trägt man, wie (Taf. XI, Fig. 10) die ersten Angaben für die fixen Linien in eine Scala von willkührlichem Maassstab und sodann die Unterschiede beider Angaben für

$$B = +0.8;\quad C = +0.6;\quad D = +0.0;\quad E = -0.7;$$
$$F = -1.4;\quad G = -3.0;\quad H = -4.8$$

in demselben Maassstabe als senkrechte Ordinaten ein. Je nach dem Vorzeichen der Unterschiede werden die Ordinaten von den entsprechenden Puncten über oder unter der Abscissenaxe gezogen. Verbindet man jetzt die äusseren Endpuncte der Ordinate durch eine Linie von möglichst gleichmässigem Zuge, so ist der senkrechte Abstand von der Abscissenaxe für jeden Punct der Scala die entsprechende Correction, welche an den Angaben des zweiten Instrumentes anzubringen sind, um sie auf die der Bunsen'schen Scala zu bringen.

Dass die Uebereinstimmung der darnach gefundenen Scalenwerthe vollkommen ausreichend ist, lässt sich aus der folgenden Tabelle erkennen. Es sind in der ersten Reihe die Bunsen'schen Angaben für einige Kirchhoff'sche Linien, in der zweiten die darnach für obiges Instrument gefundenen Werthe, in der dritten die durch Beobachtung erhaltenen Zahlen:

Ka	*α*	67.5	68.90	68.50	+ 0.40
Li	*α*	82.0	82.65	82.70	− 0.05
Sr	*δ*	155.0	152.95	152.90	+ 0.05
Ka	*β*	203.0	198.64	198.50	+ 0.14
	b	125.7	124.85	124.70	+ 0.15

Die in der vierten Reihe aufgeführten Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung liegen noch innerhalb der Fehlergrenzen, denn der erste etwas grosse Fehler kommt nur davon, dass eine Interpolation von Ka_{α} eigentlich unstatthaft ist, weil es ausserhalb der ersten gezeichneten Ordinate liegt.

Noch einen anderen, ebenso einfachen und sicheren Weg giebt Steinheil an:

Man trage eine Scala in willkührlichem Maasse an dem oberen

Rande des Papiers von links nach rechts und ebenso von Null aus senkrecht nach abwärts. Bezeichnet man in der horizontalen Scala die fixen Linien, so wie sie Bunsen beobachtet hat, und in der verticalen die Angaben des zweiten Apparates, ziehe von den ersten Verticallinien, von den zweiten dagegen Horizontallinien. Die Schnittpuncte der entsprechenden Horizontal- und Verticallinien verbinde man wieder durch einen gleichmässigen Zug. Für irgend eine Linie findet man aus der mit dem zu berichtigenden Apparat beobachteten Zahl den entsprechenden Werth nach dem Bunsen'schen, wenn man die Linie in der verticalen Scala bezeichnet, von ihr eine Horizontale zieht, bis die erwähnte Curve geschnitten wird, sodann von dem Schnittpuncte eine Senkrechte bis zur horizontalen Scala. Die Stelle des letzten Schnittpunctes ist der gesuchte Werth.

In der Zeichnung (Taf. XI, Fig. 11) ist ein Spectral-Apparat von Desaga in Heidelberg, welcher dem Steinheil'schen nachgebildet ist, zur Vergleichung gewählt. Es waren für denselben die Angaben

$$B = 77.9;\quad C = 83.5;\quad D = 100.0;\quad E = 122.0;$$
$$F = 142.3;\quad G = 183.1;\quad H = 221.6$$

erhalten worden.

Auch bei diesem Instrumente, dessen Construction von dem Steinheil'schen verschieden ist, giebt die letztere Methode eine vollkommen ausreichende Genauigkeit. Die folgende Tabelle, deren einzelne Reihen dieselbe Bedeutung haben, wie die der ersten, lässt dies erkennen:

Ka	*α*	67.5	68.0	66.8	+ 1.2
Li	*α*	82.0	81.2	81.8	— 0.6
Sr	*δ*	155.0	158.5	158.5	+ 0.0
Ka	*β*	203.0	211.5	211.8	— 0.3
	b	125.7	126.8	126.4	+ 0.4

Es sind auch hierbei die Differenzen nicht erheblicher als die möglichen Beobachtungsfehler, nur die Bestimmung von Ka_α macht wieder aus demselben Grunde wie oben eine Ausnahme.

Die Abänderungen, welche an diesen Apparaten von anderen Mechanikern getroffen wurden, sind meist nur untergeordneter Natur. Einige derselben sollen hier Erwähnung finden.

Duboscque und noch mehre französische und englische Mechaniker vermeiden das wirklich lästige Tuch, das Steinheil über seine

Apparate stülpt, indem sie zum Abhalten des seitlichen Lichtes über das Prisma eine Messingkapsel (Taf. XIII, Fig. 16, 17, 18 u. 19) setzen. Für Spalt-, Scalen- und Beobachtungsrohr sind in der Kapsel entsprechende Ausschnitte, von denen die für beide letzten Rohre oval sein müssen, um eine seitliche Verschiebung der Rohre zuzulassen. Entweder wird die Kapsel nur auf den Prismentisch gestellt, oder, wie in (Fig. 16, 17 u. 19) vermittelst Bajonnetschluss auf demselben befestigt. Durch ringförmige Kappen (Fig. 18) von Messing, welche gegen das Prisma hin mit schwarzem Tuch gefüttert sind und auf die Enden der beiden beweglichen Rohre aufgesteckt werden, kann das seitliche Licht vollkommen abgehalten werden. Weniger theuer, aber auch weniger gut ist eine über das Prisma gesetzte Lederkappe mit entsprechenden Ausschnitten für die Rohre. Desaga in Heidelberg giebt solche seinen Instrumenten bei.

Das kleine Prisma an dem Spalt ist von Steinheil, wenigstens bei den mir bekannten Instrumenten, nicht vortheilhaft befestigt; es wird nämlich (Taf. XII, Fig. 4 u. 5) durch eine kleine Messingschiene, welche gegen die eine Kante drückt, an die Spaltplatte angehalten. Ein ungleiches Anziehen der Schräubchen in der genannten Schiene wird leicht ein Springen des Prismas zur Folge haben, wie ich es in der That bei mehren Instrumenten zu beobachten Gelegenheit hatte. Besser scheint mir eine Anordnung, wie sie an mehren französischen Mustern zu sehen, und auch ähnlich in den ersten Zeichnungen der Steinheil'schen Apparate dargestellt ist; das Prisma liegt in dem Ausschnitt (Taf. XIII, Fig. 13 und 14) einer horizontal liegenden Platte und wird durch ein auf die obere Prismenfläche aufsitzendes Schräubchen angedrückt. Das kleine über dem Prisma befindliche Blech soll das schief in den oberen Theil des Spaltes einfallende Licht abhalten.

Die Einrichtung der ganzen Spaltplatte ist in der Art, wie sie Steinheil macht, ganz vorzüglich; nur bei kleinen Apparaten wird sie etwas zu complizirt. Eine einfache, wenn auch sehr unvollkommene Construction hat Desaga angewendet (Taf. XIII, Fig. 8 und 9). Ein Blechstreifen wird viermal rechtwinklig gebogen, so dass er ein Rechteck bildet, dessen eine kleinere Seite in der Mitte aufgeschlitzt ist. Von den Kanten, welche hier den Spalt bilden, ist die eine an der Bodenplatte des Spaltrohres festgelöthet, während die andere sich federnd zu entfernen sucht. Eine Schraube *p* drückt gegen letztere, wodurch sie der ersten Kante genähert wird, also die Spaltbreite auf

diese Weise veränderlich gemacht werden kann. Damit das durch den Spalt einfallende Licht auf die achromatische Linse gelangen kann, muss die dem Spalt gegenüberliegende kleine Seite des Rechteckes mit einem kreisförmigen Ausschnitt q versehen sein. Die Befestigung des kleinen Spaltprismas (Fig. 11 u. 12) ist ebenfalls gut. Die Beleuchtung der Scala bewirkt Desaga mit einem an dem Prismentisch befestigten Schwalbenschwanzbrenner (Fig. 10). Unvollkommen, jedoch viel einfacher, wird der Apparat, wenn, wie bei den Desaga'schen Instrumenten, das Prisma, das Scalen- und das Beobachtungsfernrohr unbeweglich gemacht wird.

Etwas mehr weicht eine von Rexroth in Wetzlar ausgeführte Construction von der eben beschriebenen Steinheil'schen ab. Es ist bei diesem Spectroscope die Form eines Mikroscopes nachgeahmt, um eine bequemere Beobachtung zu erzielen. (Taf. XV, Fig. 2 *a*) ist ein Verticalschnitt in natürlicher Grösse; das durch den Spalt (α) (Fig. *d*) in horizontaler Richtung einfallende Licht wird von der Hypothenusenfläche des rechtwinkligen Prismas π reflectirt, so dass es in verticaler Richtung auf die achromatische Linse fällt. Durch letztere sollen bei richtiger Entfernung von dem Spalt die Strahlen parallel gemacht werden, welche dann durch Reflexion an dem kleinen Spiegel (β) (Fig. *a*) nach aufwärts gegen das seitlich stehende Prisma q gelangen. Nach erfolgter Brechung tritt das Licht in das vertical stehende astronomische Fernrohr. Wie bei den gewöhnlichen Instrumenten, wird auch hier durch Reflexion an der Vorderfläche des brechenden Prismas die erleuchtete Scala zugleich mit dem Spectrum gesehen werden.

Der Hauptkörper des Instrumentes ist eine starke messingne Trommel, oben und unten mit einer messingnen Platte geschlossen. In der oberen Platte ist das vertical stehende astronomische Fernrohr A (Fig. *a*) sowie das rechtwinklig geknickte Spaltrohr B eingeschraubt. Seitlich in horizontaler Richtung ist die Scalenröhre C eingesetzt, welche wie auch die beiden erstgenannten mit einem Auszuge versehen ist. Im Innern der Trommel befindet sich der kleine reflectirende Spiegel, welcher von zwei bis beinahe an den Boden der Trommel reichenden Lappen getragen wird, und die ihrerseits eine Fortsetzung des Spaltrohres bilden. Das brechende Prisma ist, wie in (Fig. *c*) zu ersehen, von den Seitenwänden der Trommel gehalten. Die Spaltbreite ist bei dem vorliegenden Exemplar nicht veränderlich. Die Einstellung des Apparates vor der Beobachtung ist ebenso wie bei dem Steinheil'-

schen. Auch hier richtet man das astronomische Fernrohr nach einem sehr entfernten Gegenstand, stellt dann die Auszüge des Scalen- und Spaltrohres, so dass Scala und Spalt gleichzeitig deutlich gesehen werden. Die Stellung des Prismas hat schon der Mechaniker zu berichtigen. Auf rein empirischem Weg muss eine solche Stellung gesucht werden, dass wenn Kochsalzlicht auf die Mitte des Prismas auffällt, dieses nach dem Minimum der Ablenkung in der Mitte des Gesichtsfeldes im astronomischen Fernrohr erscheint; zugleich soll an derselben Stelle der Scalentheil 100 auftreten. Verschiebt man die Reflexionsebene des kleinen Spiegels, indem man die Schraube γ mit dem excentrischen Kopf etwas dreht, so werden immer andere Theile des Spectrums in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht, es wird also gleichsam das Spectrum gegen die Scala verschoben. Es kann bei diesen Apparaten immer nur der Abstand zweier fixen Linien in Scalentheilen ausgedrückt werden; zwei Ablesungen nach Verschiebung des Spiegels stehen natürlich in gar keinem Zusammenhang. Auch Duboscque fertigt Spectroscope nach demselben Princip.

Zur genauen qualitativen Prüfung des Spectrums hat sich Kirchhoff in seinen berühmten „Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente"[1]) eines anderen Apparates bedient, welchen ebenfalls Steinheil construirte und der auch vielfach von anderen Mechanikern nachgeahmt und verändert wurde.

Es liegt diesem Spectroscope die Idee zu Grunde das Spectrum möglichst ausgedehnt und rein herzustellen, ohne die Lichtstärke allzusehr zu schwächen. Der (Taf. XIV, Fig. 1 *a* bis *m*) dargestellte Kirchhoff'sche Apparat hat vier Prismen, von denen die drei ersten einen brechenden Winkel von 45°, das vierte aber von 60° besitzt.

Die vier Prismen sind auf kleine messingene Platten (Fig. *i* und *k*) mit drei Fussschrauben aufgekittet und stehen auf einer gusseisernen kreisförmigen Platte, deren obere Fläche eben gedreht ist. Vermittelst eines Bügels *a* (Fig. *a*, *b* und *c*) ist auf die Platte ein Fernrohr aufgeschraubt, dessen Objectiv eine achromatische Linse von 18″ Brennweite ist, das Ocular ist wieder durch eine Spaltplatte ersetzt. Um den Mittelpunct der eisernen Platte ist eine Messingschiene (Fig. *a*, *m*, *h* und *l*) drehbar, welche am äusseren Ende eine Gabel trägt, in der das astronomische Fernrohr *A* liegt, es vergrössert ungefähr vierzig mal und ist

1) Aus den Abhandl. der kgl. Acad. der Wissensch. zu Berlin. 1861 u. 1863.

mit einem Fadenkreuz versehen. Die Befestigung des Beobachtungsrohres ist so gewählt, dass es einmal mit der Schiene um den Mittelpunct der Eisenplatte, sodann um die verticale Drehaxe der Gabel gegen die Schiene beweglich ist, endlich kann es auch noch in der Gabel parallel der Linie *ε δ* verschoben werden (Fig. *a*, *e* und *d*).

Die Drehung um den Punct *M* geschieht entweder mit freier Hand, oder mit der Micrometerschraube; an der innern Seite des Kopfes dieser Schraube ist eine Kreiseintheilung (die Peripherie in 100 Theile) angebracht. Der hundertste Theil eines Schraubenumganges ist somit noch direct abzulesen.

Die zum Beobachten mit diesem Apparate nothwendigen Vorbereitungen sind folgende. Das Fernrohr *A* wird auf einen fernen Gegenstand eingestellt, sodann das Spaltrohr so weit ausgezogen, dass der Spalt durch das Beobachtungsrohr gesehen, deutlich erscheint. Die Faden des Fadenkreuzes stellt man unter 45° gegen die Verticale, die Spaltöffnung möglichst senkrecht. Die Axen der beiden Röhren sollen in einer Ebene liegen, welche parallel mit der Oberfläche der eisernen Platte ist, und senkrecht dagegen sollen alle brechenden Kanten der Prismen sich befinden, das Rohr *B* muss schon von dem Mechaniker so auf die Eisenplatte aufgeschraubt sein, dass seine Axe parallel der letzteren ist; das Rohr *A* wird nun um die Axe *M* gedreht bis der Kreuzungspunct des Fadenkreuzes ungefähr die Mitte der Spaltöffnung deckt. Bringt man jetzt die beiden Rohre in eine solche Lage, dass ihre Axen sich fast rechtwinklig kreuzen und stellt nahe in dem Schnittpunct eine planparallele Glasplatte auf, welche auf einem Dreifuss, wie die Prismen befestigt ist, so kann die Glasplatte so gestellt werden, dass das durch den Spalt einfallende Licht von der Platte reflectirt und durch das Beobachtungsrohr gesehen wird. Man neigt *A* solange bis das Spiegelbild der Spaltmitte (diese ist durch ein darübergespanntes Haar markirt) mit dem Schnittpuncte des Fadenkreuzes sich deckt; im Allgemeinen wird diess nicht mehr stattfinden, wenn die zweite Seite der Glasplatte zum Reflectiren dient. Der Fehler wird immer zur Hälfte an der Stellung der Glasplatte (also mit den drei Schrauben des Dreifusses) zur Hälfte an dem Beobachtungsrohr *A* corrigirt. Nach mehrmaliger Wiederholung sind endlich die Flächen der Glasplatten senkrecht zur oberen Fläche der Eisenplatte gerichtet. Ersetzt man die Platte durch eins der Prismen und verstellt die Schrauben seines Dreifusses solange bis dieselbe

Deckung erfolgt, wenn eine der brechenden Flächen des Prismas als Spiegel dient, so steht auch die brechende Kante des Prismas vertical auf der Eisenplatte. Wenn man diese Operation für alle vier Prismen ausgeführt hat, so stehen dieselben richtig, unter der Voraussetzung, dass der Theil der Eisenplatte, auf welchen die Prismen zu stehen kommen, vollkommen eben ist. Sollte dies nicht der Fall sein, so könnte man sich durch Auflegen einer ebenen Glasplatte helfen.

Alle Prismen müssen nahe auf das Minimum der Ablenkung für gelbes Licht gestellt werden, man beleuchte den Spalt mit einer Kochsalzflamme, beginne mit dem dem Spaltrohr nächstliegenden Prisma und suche so nach und nach für alle die Stellung der Minimum Ablenkung. Bei etwas falscher Lage der Prismen könnte das in das Beobachtungsfernrohr eintretende Licht nicht mehr in der Mitte des Objectives auffallen; um sich davon zu überzeugen, bedient man sich zweier Deckel, welche über die Objective der beiden Rohre gesteckt werden, und die nur in der Mitte durch einen engen Spalt Licht gehen lassen. Steht alles richtig, so wird das Spectrum immer noch mit gleicher Helligkeit gesehen werden, wenn nicht, so muss das Beobachtungsrohr solange nach der Linie $\varepsilon\,\delta$ verschoben werden bis dies der Fall ist.

Der Winkelabstand zweier fixen Linien wird durch diesen Apparat nicht gemessen; zum Behuf einer ungefähren Schätzung der Winkelwerthe hatte Kirchhoff an seinem ersten Apparate an dem unteren Ende der mit der Metallschiene N fest verbundenen Axe einen Spiegel angebracht, welcher als Theil der Poggendorff'schen Spiegelablesung diente. Durch diese Veränderung ist das Spectroscop in ein Spectrometer verwandelt.

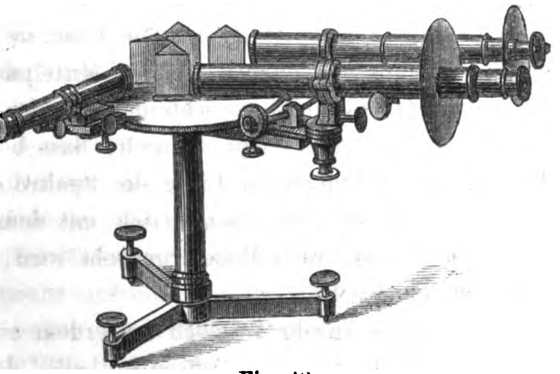
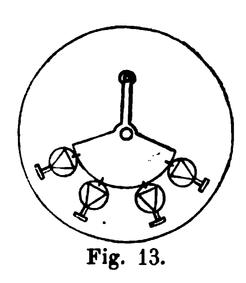


Fig. 12.

Duboscque verfertigt Spectroscope, welche sich nur wenig von dem eben beschriebenen unterscheiden. Wie aus der beigegebenen Skizze (Fig. 12) ersichtlich, fehlt die nothwendige seitliche Verschiebung

des Beobachtungsrohres. Das Heben und Senken dieses Fernrohres geschieht mit der Druckschraube *a*. Ueberdies ist an der Eisenplatte noch ein Scalenrohr angeklemmt; an dem letzten Prisma soll die Reflexion erfolgen. Es ist dadurch der Apparat befähigt, je nach Bedürfniss zu genaueren qualitativen Untersuchungen des Spectrums, oder zur Vergleichung der Spectren zu dienen. (Selbstverständlich kann an dem Steinheil'schen Spectroscope ebenfalls eine solche Scalenröhre angebracht werden.) Da für jede fixe Linie, wenn sie scharf gesehen werden soll, jedes Prisma auf das Minimum eingestellt werden muss, so sollen diese um ihre eigene Axe beweglich sein, dann können alle Prismen zusammen gleichzeitig durch einen Hebel gedreht werden (nebenstehende Fig. 13).


Fig. 13.

William Huggins bediente sich zu seinen Untersuchungen[1]) eines Instrumentes mit sechs Prismen, jedes mit einem brechenden Winkel von 45°, von denen das am Spaltrohr stehende Prisma 1,7 auf 1.7 engl. Z. hatte; die folgenden nehmen an Grösse zu; das letzte hatte 1.7 auf 2.0″. Das durch die Spaltöffnung eingetretene Licht fällt auf ein achromatisches Objectiv von 1.75″ Oeffnung und 10.5″ Brennweite; dadurch parallel gemacht, trifft es auf das rechtwinklige Prisma (Taf. XI, Fig. 14), an dessen Hypothenusenfläche es reflectirt wird und nun die sechs brechenden Prismen durchläuft. Das Spectrum wird sodann durch ein astronomisches Fernrohr beobachtet, dessen Objectiv eine Brennweite von 16.5″ hat und dessen Oculare 15 oder 35 mal vergrössern. Das Fernrohr lässt sich längs eines in 15″ getheilten Bogens verschieben, dessen Mittelpunct in der letzten Fläche des gegen das Fernrohr gerichteten Endprismas sich befindet. Davon überzeugt man sich leicht dadurch, dass bei abgenommenem Ocular das Bild der beleuchteten Linse des Spaltrohres, durch die Prismenreihe gesehen, nahezu conzentrisch mit dem Fernrohrobjectiv bleibt, wenn dieses um einen Bogen gedreht wird, welcher dem sichtbaren Spectrum entspricht.

Mit dem Fernrohr ist noch ausserdem ein Dollond'sches Micrometer verbunden; zwölf Schraubentheile desselben entsprechen ein

---

1) Pogg. Ann. Bd. 124. p. 275.

Theil der Scala des Messingbogens. Die Micrometerfaden stehen ebenfalls unter 45° gegen die Verticale.

Das Ganze befindet sich in einem Mahagonikasten, welcher zwei Oeffnungen für die Röhren hat. Wird der Apparat nicht gebraucht, so können die Oeffnungen durch Schieber verschlossen werden. Eine genauere Zeichnung des Apparates war dem Verfasser nicht zugänglich.

Einige Mechaniker in Wien haben die Einrichtung getroffen, dass das Beobachtungs- und Spaltfernrohr in eines zusammenfällt. Das Licht gelangt durch die Spaltöffnung unter einem Winkel von 45° auf eine planparallele Glasplatte (Taf. XI, Fig. 15), wird von dieser reflectirt, durchläuft die Axe des Fernrohres und wird durch die achromatische Linse parallel gemacht. Nach der erfolgten Brechung durch vier oder sechs Prismen fällt das Licht senkrecht auf einen Spiegel und kehrt nach hier erfolgter Reflexion durch die Prismen zurück, tritt durch das Objectivglas wieder in das Fernrohr und wird mit dem Ocular betrachtet. Für nur vergleichende Beobachtungen mit einer Scala, ist ein Scalenrohr beigegeben. Der Spiegel wird dann nach dem ersten Prisma eingeschoben, so dass nur eine Brechung durch zwei Prismen (das erste Prisma wird zweimal durchlaufen) erfolgt. Das Spiegelbild der Scala entsteht an der Vorderfläche des Prismas.

Auch hier kann nur die kleine Skizze beigegeben werden.

2. Spectrometer.

Mit den bisher beschriebenen Instrumenten war es nicht möglich, genaue Winkelwerthe für den Abstand der fixen Linien anzugeben. Sollen derartige messende Versuche angestellt werden, so muss man sich eines Spectrometers bedienen. (Taf. XVII, Fig. 1 bis 9) zeigt ein Spectrometer, wie dasselbe von Steinheil construirt wird.

In den messingenen Dreifuss *A* ist die nach oben konische Stahlaxe *B* eingeschraubt und durch die Gegenmutter *C* darin festgehalten. Auf diese Axe ist zuerst die Messinghülse *D* mit dem Arm *E* gesteckt, der das Beobachtungsfernrohr aufnehmen soll; über der ersten Hülse liegt eine zweite, *F*, die oben einen Teller trägt, in den die Kreistheilung eingelassen ist. Ein zweiter Teller *G* mit den vier Nonien *H* ist auf das Ende der stählernen Axe geschraubt und dient zugleich dazu, das Ganze zusammenzuhalten. Es ist somit nur der Teller *G* fest, während der Theilkreis und der Arm *E* frei um den Stahlzapfen

drehbar sind. Durch Klemmvorrichtungen mit Micrometerverstellungen kann *G* mit *F* und *F* mit *D* fest verbunden oder mikrometrisch gegen einander verschoben werden.

Auf dem festen Teller befindet sich der Prismentisch *V*. Dieser legt sich mit einem Zapfen in eine von der Stahlaxe getragene Pfanne und kann vermittelst der drei Spitzschrauben, deren Wirkung von einer starken unter dem Tisch liegenden Spiralfeder unterstützt wird, beliebig gestellt werden. Ueber den vorstehenden Rand des Tisches wird der Lupenträger (Fig. 8 und 9) gesteckt.

Auf dem Teller *G* sitzt der Bügel *J*, der vermittelst vier Schrauben den Ring *K* hält, in welchen das Spaltrohr eingeschraubt ist; auch das Beobachtungsrohr ist in einem solchen Ring *M*, der durch vier Schrauben gegen den kreisförmigen Ausschnitt *L* des Armes *E* angedrückt wird. Von den vier Schrauben sitzen die beiden übereinander liegenden Druck- und Zugschrauben in dem Bügel, während die beiden anderen Schrauben frei durch denselben hindurch gehen und nur in den Ringen fest sind. Die Röhren sind also drehbar sowohl um eine durch die horizontal neben, wie durch die vertical über einander liegenden Schrauben gehende Linie.

Das Spaltrohr unterscheidet sich in Nichts von den der schon beschriebenen Instrumente.

Ehe Beobachtungen gemacht werden können, muss wieder das Beobachtungs- und Spaltrohr richtig eingestellt werden, man muss aber auch noch Folgendes beachten.

Nicht allein die Ebene des Theilkreises muss auf der Drehaxe des Instrumentes senkrecht stehen (wofür der Mechaniker zu sorgen hat), sondern die Axen der beiden Fernröhre sollen auch in einer zum Theilkreis parallelen Ebene liegen.

Man kann sich zu dieser Einstellung zweier Hilfsfernröhre mit Fadenkreuzen bedienen, welche ebenfalls, wie das Beobachtungsfernrohr, auf Unendlich eingestellt werden. Die beiden ersteren werden mit den Objectiven einander zugewendet; das eine sodann von der Ocularseite beleuchtet und nun das zweite so gerichtet, dass die Schnittpuncte der Fadenkreuze sich decken. Findet bei umgekehrter Anordnung dieses Decken nicht mehr statt, so wird der Fehler von beiden Fernrohren zur Hälfte corrigirt. Ist die Correction vollendet, so liegen die Sehlinien beider Rohre in einer Geraden. Das Instrument bringt man jetzt zwischen die Hilfsfernrohre, wobei man ungefähr die

Axe des Ablesefernrohres mit der Linie ab (nebenstehende Fig. 15) zusammenfallen lässt. Blickt man durch das Ablesefernrohr, während das Instrument in der gezeichneten Stellung sich befindet, nach dem vom Ocular aus beleuchteten ersten Fernrohr, so kann man die Schnittpuncte der Fadenkreuze von A und B durch die Schrauben an A zum Decken bringen. Nach einer Drehung des Rohres um 180° sieht man in das nun ebenfalls vom Ocular aus erleuchtete Fernrohr C. Es werden sich jetzt die Fadenkreuze von A und C nur decken, wenn die Sehlinien der drei Fernrohre alle in einer auf die Drehaxe des Instrumentes senkrechten Ebene sich befinden. Im Allgemeinen wird dies nicht der Fall sein, man muss dann die Correctionen zur Hälfte an dem Ablesefernrohr A ausführen, zur anderen Hälfte aber an der den Hilfsfernrohren gemeinschaftlichen Sehlinie. Nach mehrmaligem Wiederholen dieses Verfahrens wird man die richtige Stellung gefunden haben.

Ist über die Mitte der Spaltöffnung ein Metallfaden gespannt und blickt man mit dem nun richtig gestellten Beobachtungsfernrohr gegen den Spalt, so muss die Mitte desselben von dem Schnittpunct des Fadenkreuzes getroffen werden, ist dies nicht, so muss die Correction an den Schrauben des Spaltrohres ausgeführt werden.

Fig. 15.

Man kann bei der Einstellung auch nur mit einem Hilfsfernrohr B ausreichen, welches aber dann an dem Teller F angeklemmt werden muss. Sollen mit Hilfe desselben die Gesichtslinien der drei Fernrohre in eine Ebene gebracht werden, welche senkrecht auf der Drehaxe steht, so befestigt man auf dem Prismentisch eine planparallele Glasplatte; das mit einem Fadenkreuz versehene Hilfsfernrohr ist zwischen dem Spalt und Beobachtungsrohr angeklemmt und wird von dem Ocular

aus beleuchtet. Die Glasplatte wird nun so gedreht, dass das an ihr reflectirte Bild des beleuchten Oculars von B in dem Fernrohr erblickt wird. Durch die Micrometerschraube und die Schraube von B und F bringt man die Fadenkreuze beider Fernrohre zum Decken. Verändert man die Stellung beider Fernrohre um 180° und es decken sich die Schnittpuncte der Fadenkreuze noch immer, so steht die Glasplatte parallel der Drehaxe und die Ebene, in welcher die Gesichtslinien der Fernrohre liegen, steht senkrecht dagegen. Die Correctionen werden zur Hälfte an der Stellung der Glasplatte (also an den Schrauben des Prismentisches), zur anderen Hälfte an der Neigung der Axen-Ebene der beiden Fernrohre ausgeführt. Sind die Correctionen nach mehrfacher Wiederholung vollendet, so wird das Beobachtungsrohr F dem Spaltfernrohr T gegenüber gestellt und die Neigung des letzteren solange geändert, bis die Mitte des Spaltes mit dem Schnittpuncte des Fadenkreuzes zusammenfällt.

Um das Prisma einzustellen, wird es auf den Tisch mit der brechenden Kante gegen das Spaltrohr gestellt, und man beobachtet das Spiegelbild des Spaltes für die eine und die andere brechende Fläche. Man corrigirt so lange an den Schrauben des Prismentisches, bis für beide Spiegelbilder die Mitte des Spaltes mit dem Schnittpunct des Fadenkreuzes sich deckt.

Bei den Beobachtungen ist es nothwendig mit dem Instrumente sowohl den Prismenwinkel als den Brechungswinkel eines unter einem bestimmten Winkel einfallenden Lichtstrahles zu messen.

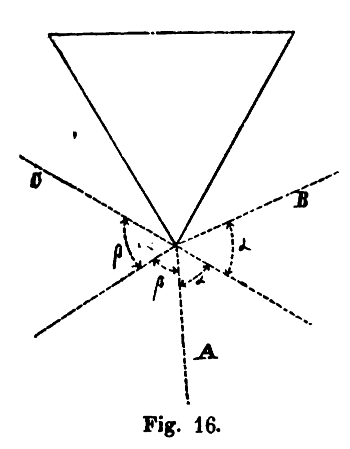


Fig. 16.

Zur Bestimmung des Prismenwinkels wird das Prisma, wie oben erwähnt, so gestellt, dass seine brechende Kante der Drehaxe parallel ist. Die Klemme α wird gelüftet, dagegen β angezogen, und das Beobachtungsfernrohr so gestellt, dass nach einander die Spiegelbilder des Spaltes an den beiden brechenden Flächen mit dem Schnittpunct des Fadenkreuzes zusammenfallen. Liest man an der Kreistheilung beide male die Stellung ab, so ist die Hälfte der Differenz beider Ablesungen der gesuchte Prismenwinkel. Es ist dies aus der nebenstehenden Fig. 16 leicht ersichtlich, wo A der einfallende, B und C die reflectirten Strahlen sind.

Will man den Brechungswinkel bestimmen, so muss das Prisma so gestellt werden, dass die eine brechende Fläche gegen das Spaltrohr gerichtet ist. Ist die Basis des Prismas nicht genau senkrecht auf der brechenden Kante, so wird das Prisma jetzt nicht mehr richtig stehen; nachdem demselben näherungsweise die Lage ertheilt ist, dass das gelbe Licht eine Minimumablenkung erfährt, muss sowohl das an der dem Spaltrohr gegenüberliegenden Fläche gespiegelte, wie das gebrochene Bild des Spaltes in der Mitte von dem Schnittpunct des Fadenkreuzes getroffen werden. Die Correctionen sind natürlich immer an den Schrauben des Prismentisches auszuführen. (Am einfachsten können die Correctionen gemacht werden, wenn die eine Prismenfläche parallel der Verbindungslinie zweier Schrauben sich befindet.)

Hat man zuerst bei abgenommenem Prisma das Beobachtungsrohr genau auf den Spalt eingestellt und die Stellung an dem Theilkreis abgelesen, so klemmt man mit β das Rohr an den Theilkreis und löst die Klemme α. Richtet man das Beobachtungsrohr zuerst auf das Spiegelbild des Spaltes, sodann auf die zu messende Fraunhofer'sche oder Kirchhoff'sche Linie und macht immer die entsprechenden Ablesungen, so sind alle verlangten Winkel gegeben. Zieht man die gefundene Differenz zwischen der ersten und zweiten Ablesung von 180^0 ab und halbirt diesen Winkel, so ist derselbe gleich dem Einfallswinkel, und die Differenz aus der ersten und letzten Ablesung ist der Brechungswinkel. Aus der Fig. 17 ergiebt sich die Richtigkeit des Gesagten sogleich.

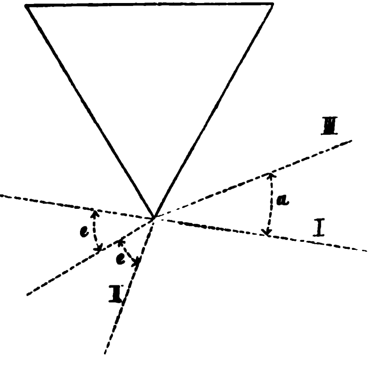


Fig. 17.

Es kann aus diesen Beobachtungen nach irgend einer der schon früher angeführten Formeln das Brechungsverhältniss für die betreffende fixe Linie berechnet werden, da die Winkel P, e, a gemessen sind.

Wenig von dem eben beschriebenen Apparate unterscheidet sich das in Genf (Atelier dirigé par M. E. Schwerd) construirte Spectrometer, so dass die beigegebene Skizze (Fig. 18) genügen wird.

Das Ablesefernrohr wird durch eine auf dem Kreise laufende

Klemme, die durch eine Micrometerschraube (mit in 100 Theile getheiltem Kopf) mit dem Träger verbunden ist, festgeklemmt. Halslager und Mutter der Schraube gehen zwischen Spitzen, was eine

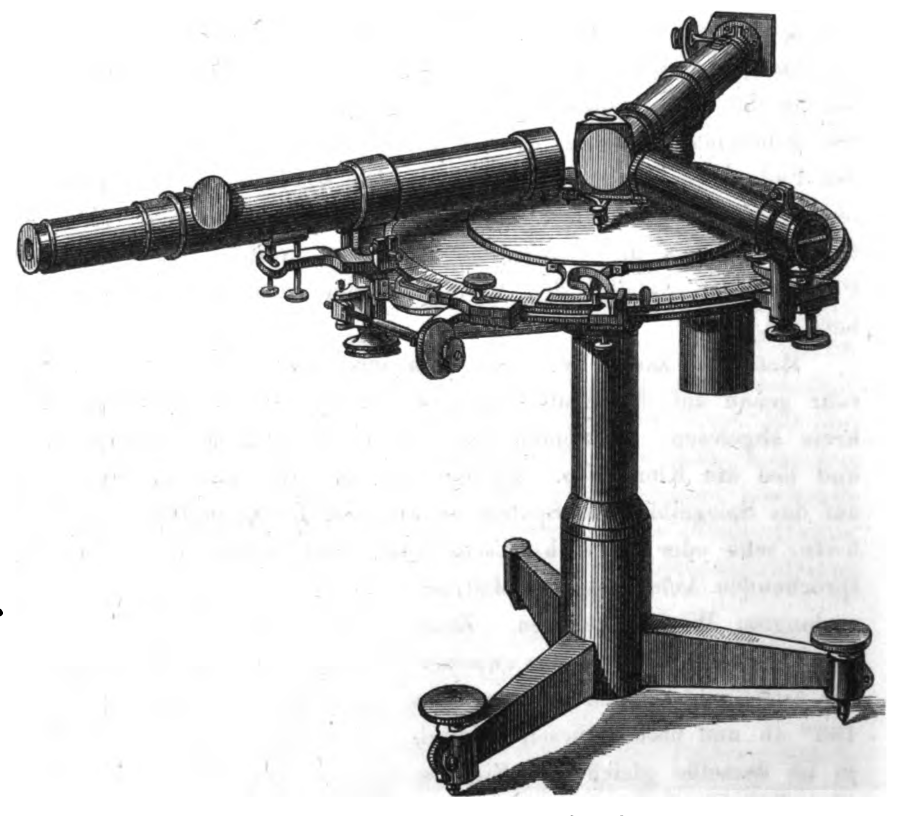


Fig. 18.

grössere Sicherheit bieten soll, als die gewöhnlich angewendeten Kugelscharniere. Die Fernrohre sind, wie bei dem oben beschriebenen Duboscque'schen Spectroscope, ausser um die verticale Hauptaxe noch um eine zweite verticale Axe drehbar. Um das Beobachtungsrohr in der gewünschten Höhe einzustellen, dient ausser der Bewegung um die horizontale Axe noch ein mit Zug- und Druckschraube versehener Arm, der aus einem Stück mit der die Axe tragenden Gabel besteht.

Im Ablesungsrohre sind Kreuzfäden oder Micrometer, bei einigen Instrumenten auch beides so verbunden, dass man mit dem Micrometer beobachten kann, ohne den Kreuzfaden zu sehen, oder auch

letzteren benutzt und nur das Micrometer herauszuschrauben hat. Der Träger des Ablesungsrohres hat noch einen Minuten-Nonius für die Messung von grösseren Winkelveränderungen des Rohres.

Die Prismen werden auf einen kleinen, mit Alhidade versehenen Kreis, der um die Hauptaxe drehbar ist, gesetzt.

Zur grösseren Bequemlichkeit für manche Beobachtungen wird dem Instrumente noch ein Scalenrohr beigegeben, welches auf einer soliden Klemme befestigt ist, und damit an den Axenmantel festgeklemmt werden kann.

Das Duboscque'sche Spectrometer ist dem gerade beschriebenen sehr ähnlich.

Meyerstein in Göttingen baut ein Instrument, das auf einer etwas anderen Beobachtungsmethode beruht, welche schon oben erwähnt wurde.

Ein dem Meyerstein'schen nachgebildetes und demselben beinahe gleiches Instrument ist auf (Taf. XVI, Fig. 1 bis 11) dargestellt.

Der horizontale getheilte Kreis A sitzt fest auf dem Stahlzapfen B, welcher sich in der kurzen, von drei Füssen getragenen Metallsäule dreht. Ebenfalls fest mit dem Stahlzapfen verbunden ist der Arm C, welcher an dem einen Ende den Träger des Beobachtungsrohres hält und dessen Verlängerung nach dem anderen Ende als Gegengewicht dient.

Auf der Metallsäule sitzt ein massives Kreuz D gegen dieselbe unbeweglich. Der eine Arm des Kreuzes ist der Träger des Spaltrohres, der gegenüberliegende dient als Gegengewicht; die beiden anderen gegen erstere senkrechte Arme sind Träger der Nonien und Lupen, sowie eines Hilfsfernrohres.

Der Stahlzapfen ist nach oben konisch verjüngt und auf ihm sitzt ein zweiter Metallkreis, welcher um den Zapfen drehbar ist, durch Anziehen der Schraube a wird die Leichtigkeit seiner Bewegung regulirt. Auf diesen Kreis ist mittelst dreier Spitzschrauben der kleine Prismentisch gesetzt, auf den zur bequemeren Stellung des Prismas die Metallleiste b aufgeschraubt ist.

Die Ocularröhre des Fernrohres E ist mit einer seitlichen Oeffnung versehen, hinter welcher eine planparallele Glasplatte unter einem Winkel von 45° gegen die Fernrohraxe sich befindet. Die Axe des Beobachtungsrohres wie des Spaltrohres wird von einer Gabel getragen, die mit einem Arm versehen ist; durch eine Druck-

schraube c, die von einer starken Feder unterstützt wird, kann die Drehung der Rohre um die horizontale Axe hervorgebracht werden.

Die beiden Gabeln haben nach unten einen Zapfen, welcher in eine Büchse der betreffenden Arme passt und darin mit einer Schraube festgestellt werden kann. Die Bewegung der Rohre ist also eine dreifache: ausser um die verticale Hauptaxe noch um eine zweite verticale und eine horizontale Axe.

Der Träger des Hilfsfernrohres ist ebenso wie die der beiden anderen Rohre.

Vermittelst der Klemmen m und p, welche mit Mikrometerverschiebung versehen sind, kann der Hauptkreis gegen den Fuss festgeklemmt werden und der zweite Kreis an den ersten. Der Nonius für die Ablesungen an dem kleinen Kreis ist bei 0 sichtbar.

Die Beobachtung mit dem Meyerstein'schen Spectrometer geschieht auf folgende Weise:

Nachdem die Fernrohre, wie gewöhnlich, so eingestellt sind, dass der Spalt deutlich sichtbar und die Ebene der Gesichtslinien senkrecht auf dem Theilkreis steht (die beiden Theilkreise müssen schon von dem Mechaniker parallel und senkrecht zur Drehaxe gemacht sein), bringt man das Prisma auf den Tisch und beachtet, dass die Strahlen senkrecht aus der zweiten Fläche des Prismas austreten. Beleuchtet man die Oeffnung an der Ocularröhre von E der Art, dass das Licht an der Glasplatte gegen das Fadenkreuz und das Objectivglas reflectirt wird, und es steht das Prisma nahe richtig, so erblickt man durch die Ocularlinse einmal das Fadenkreuz direct und dann das an dem Prisma gespiegelte Bild desselben. Durch Drehen des kleinen Kreises kann man die beiden Bilder zum Decken bringen; es ist dann das Prisma so gestellt, dass seine eine Fläche senkrecht auf der Axe des Beobachtungsrohres ist. Klemmt man jetzt den kleinen Kreis an den grossen, löst dagegen die Klemme, so kann durch Drehen um die Hauptaxe die entsprechende fixe Linie in das Gesichtsfeld geführt werden.

In diesem Falle gilt die Formel (8), in welcher nur die beiden Winkel P und a vorkommen. Der Prismenwinkel ist sehr einfach zu finden. Man stelle das Beobachtungsfernrohr so, dass man das Spiegelbild des Spaltes an einer Prismenfläche erblickt, zieht die Klemme n an und dreht den kleinen Kreis mit dem Prisma so lange, bis dieselbe Spiegelung an der zweiten Fläche erfolgt. Der Winkel der

Drehung ergänzt den Prismenwinkel zu 180°. Der Winkel *a* wird gefunden, wenn man eine Beobachtung für irgend eine der fixen Linien macht, wie gerade vorhin angegeben wurde, und nun bei abgenommenem Prisma und gelöster Klemme *m* auf den Spalt einstellt. Der abgelesene Drehwinkel ist *a*.

Meyerstein giebt ausserdem noch eine zweite Methode an, die ebenfalls schon erwähnt ist; dabei ist nur der Winkel *a* mit Genauigkeit zu messen, und der Hilfswinkel *d* nur angenähert. Der Hilfswinkel *d* ist der Winkel, um welchen das Prisma oder mit demselben der kleine Theilkreis gedreht wird.

Das Hilfsfernrohr ersetzt vollkommen das bei dem Steinheil'schen Spectrometer.

Spectralapparate zur objectiven Darstellung der fixen Linien.

Diese Apparate gestalten sich gegenüber den anderen Spectralapparaten sehr einfach. Die Lichtquelle ist entweder Sonnenlicht oder eine electrische Lampe, je nachdem man die Fraunhofer'schen oder Kirchhoff'schen Linien darstellen will. Bei der electrischen Lampe ersetzt man die untere Kohlenspitze durch einen Kohlencylinder von ungefähr 15 Mm. Durchmesser. Das obere Ende desselben ist ausgehöhlt und dient dazu, Stückchen des betreffenden Metalles oder Salze, besonders Chloride, aufzunehmen. (In einigen Fällen genügt auch ein schwaches Tränken der Kohlenspitzen mit der Lösung des Metallsalzes.) Da kein rasches Abbrennen der unteren Electrode erfolgt, muss diese immer stehen bleiben, während nur die obere sich bewegen soll, um die Entfernung der Electroden gleich zu erhalten. Man hängt deshalb die untere Electrode aus dem Uhrwerk der Lampe aus.

Der leuchtende Punct befindet sich gerade in dem Brennpunct der planconvexen Linse von ungefähr 8.5 Cent. Durchmesser, wodurch die auf die Linse auffallenden Strahlen parallel gemacht werden. In einer Entfernung von ebenfalls ungefähr 8.5 Cent. gehen die Strahlen durch eine Spaltöffnung von 1.5 Mm. Breite und 7 Cent. Höhe.

Diese parallel aus der Spaltöffnung austretenden Strahlen müssen nun gebrochen und auf eine Fläche projicirt werden, so dass das Spectrum auf derselben mit möglichster Schärfe erscheint. Vor dem Spalt stellt man eine biconvexe achromatische Linse von 8.5 Cent. Durchmesser und ungefähr 12 Zoll Brennweite so auf, dass auf der

Wand, auf welche das Spectrum projicirt werden soll, der Spalt vollkommen scharf abgebildet ist. Direct hinter die Linse wird ein brechendes Prisma gestellt, dessen brechender Winkel 60°, welches 8.5 Cent. hoch ist, und dessen Seiten ungefähr 5 Cent. lang sind.

Durch einen Spiegel wird das abgelenkte Licht auf die Stelle projicirt, wo früher der Spalt erschien.

Statt des Glasprismas kann man auch ein oder mehre Schwefelkohlenstoffprismen nehmen. Die Ausdehnung des Spectrums wird dadurch grösser, meist wird aber dann die Lichtstärke zu gering.

Sehr störend kann das seitlich auf das Prisma fallende Licht einwirken; es wird ein schwarzer Schirm mit einer engen Oeffnung, welcher vor das Prisma gestellt werden muss, immer sehr förderlich sein.

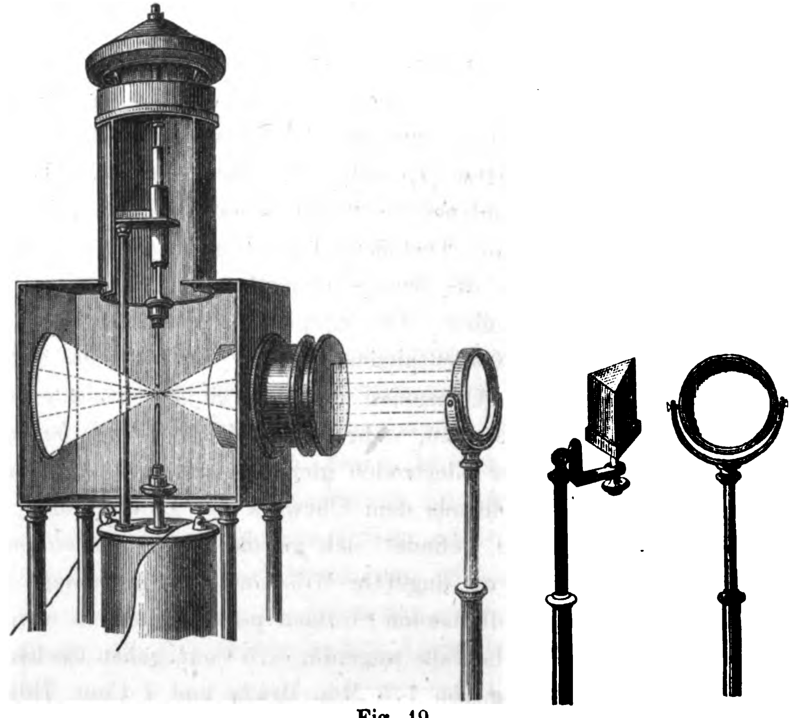


Fig. 19.

Die Skizze (Fig. 19) ist nach der Anordnung gemacht, wie Duboscque dieselbe getroffen; aber auch die übrigen Mechaniker weichen in der Construction nur sehr wenig davon ab.

Ueber einen neuen Verdunstungsmesser und das bei Verdunstungsbeobachtungen mit demselben einzuschlagende Beobachtungsverfahren.[1])

Von

Dr. Rudolf Edlen v. Vivenot jun.,

Docenten an der Wiener Hochschule.

(Hierzu Tafel IX.)

Die in früherer Zeit zu Verdunstungsbestimmungen benützten Verdunstungsmesser (Atmometer, Atmidoskope von ἀτμος, Dampf, auch Evaporometer genannt) bestanden bekanntlich einfach aus gläsernen oder porösen irdenen, mit Wasser gefüllten Gefässen, bei welchen die durch die Verdunstung entstandene Niveauveränderung des Wassers nach einer in der Mitte oder am Rande des Gefässes angebrachten Scala abgelesen werden konnte. Hierher gehören die von Babinet[2]) und von Prof. Leslie in Edingburgh[3]) angegebenen Atmometer. Derart construirte Atmometer liefern nun wohl in exquisit trockenen Klimaten einigermaassen brauchbare und bis zu einem gewissen Grade auch genügende Resultate, geben aber schon einerseits in mässig feuchten Klimaten ihrer allzu geringen Empfindlichkeit halber oft keinen sichtbaren Ausschlag[4]) und bieten andererseits unter keinerlei

---

1) Aus den Sitzungsberichten der Wiener Academie. Mathematisch-Naturwissenschaftl. Classe. 48. Bd. Zweite Abthl. 1863. pag. 110 ff.

2) Compt. rend. T. XXVII. pag. 529.

3) Kurzer Bericht von Versuchen und Instrumenten, die sich auf das Verhalten der Luft zur Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Deutsch von Brandes. 1823. pag. 84.

4) So fand Dr. Blest, welcher in Indien auf der Halbinsel Madras meteorologische Beobachtungen anstellte, wie mir derselbe mittheilt, daselbst zur Zeit der feuchten Monsoons (bei 11 engl. Zoll Regen im Tag und 120 Zoll Regen im Monat)

Verhältnissen jene Schärfe und Präcision der Beobachtung, welche sich für feinere Messungen als unumgänglich nothwendig erweisen, um nach dem heutigen Stande der Wissenschaft den anderen im Gebrauche stehenden, meteorologischen Instrumenten gleichgestellt werden zu können.

Die genauesten Resultate liessen sich, vom theoretischen Standpuncte, aus Wägungen der verdunsteten Wassermenge mittelst sehr empfindlicher Wagen erwarten, wie dies G. Schübler in Tübingen[1]) versuchte. Diese Methode, deren sich in neuerer Zeit auch Dr. Krecke zu Utrecht[2]) bedient, ist, wenn die Verdunstungsmessungen in einem geschlossenen Raume, z. B. im Zimmer, vorgenommen werden sollen, unstreitig die empfindlichste, und lassen die auf diese Weise erlangten Resultate kaum etwas zu wünschen übrig, wie mir dies wiederholte Versuche bestätigten. Was jedoch deren Anwendbarkeit im Freien betrifft, so stösst man hierbei auf eine Reihe von unabwendbaren Zufälligkeiten, welche der Genauigkeit der Beobachtungen bedeutenden Eintrag thun; ja es steigt die Grösse der Fehlerquellen mit der Empfindlichkeit der Wage. Ich erinnere hier nur an einen jener in grösseren Städten, z. B. in Wien, schwer zu beseitigenden Uebelstände, welcher die Genauigkeit der Wägung ganz in Frage zu stellen vermag, an die in der Luft suspendirten oder durch einen Windstoss plötzlich aufgewirbelten und auf das Evaporationsgefäss niedergeschlagenen, somit auch mitgewogenen Staubtheilchen. A. Mühry gebührt das Verdienst, nicht nur auf die klimatologische Wichtigkeit der Verdunstungsbeobachtungen vielfach hingewiesen, sondern auch gleichzeitig ein schärfer messendes und den praktischen Zweck im Auge behaltend, auch compendiöses, daher auch auf Reisen brauchbares Instrument angegeben zu haben.[3]) Angeregt durch eine von J. Newman an-

---

Leslie's Atmometer vollends unbrauchbar. Im Gegensatze hierzu war derselbe zur trockenen Jahreszeit, vermöge der extremen Dampfarmuth der Luft, häufig nicht im Stande, an Daniell's Hygrometer den Thaupunct darzustellen, ähnlich wie dies auch E. Vogel von der Sahara, südlich von Murzuk (29° N. Br.), berichtet.

1) Grundsätze der Meteorologie, in näherer Beziehung auf Deutschlands Klima, 1831 (neu bearbeitet von G. A. Jahn). Leipzig, 1849.

2) Meteorologische Waarnemingen an Nederland etc. Jahrgang 1855. Vorwort pag. V.

3) A. Mühry: Allgem. geogr. Meteorologie. Leipzig und Heidelberg, 1860. pag. 142 und Note 19 pag. 194. Dann A. Mühry: Ueber ein einfaches, schärfer messendes Atmometer in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. 1861.

gedeutete Idee[1]) versuchte er es, das Princip der Reduction der Fläche (oder Verjüngung) zu messen, wie dies bei den Regenmessern benützt wird, auch auf die Verdunstung anzuwenden.

Mit Zugrundelegung desselben Principes habe auch ich versucht, ein Atmometer zu construiren, bei welchem ich mit dem Vortheile der leichten Transportabilität eine noch einfachere Manipulation, sowie Berechnung der Ablesung und dabei gleichzeitig eine so scharfe Einstellung und so grosse Empfindlichkeit zu verbinden trachtete, dass die mit demselben zu erzielende Genauigkeit der Messung als eine, wie mir scheint, nach jeder Richtung genügende erachtet werden dürfte.

Die weitere Aufgabe, zu deren Lösung einigermassen beizutragen ich mir durch vorliegende Arbeit gestellt, ist, durch Angabe eines bei Verdunstungsbeobachtungen einzuschlagenden Beobachtungsverfahrens die Richtung beiläufig vorzuzeichnen, durch deren Befolgung voraussichtlich brauchbare Resultate zur Erforschung dieses wichtigen physikalischen Vorganges und der auf denselben einwirkenden Elemente erzielt werden können.

I. Construction des Atmometers.

Der ganze Apparat besteht, wie aus Fig. I und II ersichtlich, aus drei Hauptbestandtheilen: 1. aus dem Evaporator, mit welchem Namen ich das Glasgefäss bezeichnen will, welches die verdunstende und zu messende Wassermenge enthält; 2. aus einem mit Quecksilber gefüllten Schälchen, in welches das untere offene Ende des Evaporators getaucht wird, wobei das Quecksilber als Sperrflüssigkeit dient; endlich 3. aus dem Stative, welches mit einer zur Einstellung dienenden Nadel und mit einem Triebwerke versehen ist, welch' letzteres durch Hinauf- oder Herabschrauben des Evaporators ein Sinken oder Steigen des in demselben befindlichen, nach unten durch das Quecksilber abgesperrten Wassers veranlasst.

1. Der Evaporator besteht, wie Fig. I versinnlicht, aus einem im Ganzen gegen 22,5 Cent. langen, nach oben und unten hin offenen,

---

Bd. CXIII. pag. 365. Ferner noch ausführlicher in A. Mühry's: Klimatographische Uebersicht der Erde, in einer Sammlung authentischer Berichte mit hinzugefügten Anmerkungen zum wissenschaftlichen und practischen Gebrauche. Heidelberg 1862. pag. 701—707.

1) Lond. und Edinb. philosoph. Magaz. 1852.

an beiden Mündungen (aa u. $\alpha'''\alpha'''$) scharf abgeschliffenen Glasgefässe, dessen oberes Ende ein zur Aufnahme der verdunstenden Wassermenge bestimmtes, cylindrisches und nach unten trichterförmig zulaufendes Gefäss (A) darstellt.

Die Höhe des Cylinders (aa') beträgt 1,5 Cent., dessen Querdurchmesser (aa) 3,5 Cent. Die evaporirende Grundfläche misst mithin 10,61625 Quadratcent., was einem Cubikinhalte des Cylinders von 15,924375 Cubikcent. entspricht.

Dieser nach unten trichterförmig verjüngte Cylinder setzt sich in eine nach Millimetertheilstrichen graduirte und 3,5 Millim. inneren Durchmesser darbietende Glasröhre ($\alpha\alpha - \alpha'\alpha'$) fort, welche, nachdem sie 12 Cent. lang cylindrisch verlaufen, sich zu einer Kugel (A') von gleicher Capacität mit dem oberen Evaporationsgefässe erweitert, um sich neuerdings zu einer 1,5 Cent. langen und 3,5 Cent. inneren Durchmesser darbietenden, in Millimetergrade getheilten und nach unten zu offen mündenden Röhre ($\alpha''\alpha'' - \alpha'''\alpha'''$) zu verjüngen.

2. Den zweiten Bestandtheil des Apparates bildet ein nach oben offenes, nach unten zu geschlossenes, gegen den Boden konisch zulaufendes Glasgefäss (B), dessen oberer Durchmesser (bb) gegen 6 Cent., dessen unterer Durchmesser ($b'b'$) 5 Cent., dessen Höhe (bb') 7 Cent. beträgt. Dieses Gefäss ist 5 Cent. ($b'\beta$) d. h. so hoch mit Quecksilber gefüllt, dass die am unteren Ende des Evaporators angebrachte Kugel (von $\alpha' - \alpha'''$) nach Bedarf vollkommen in Quecksilber eingetaucht werden kann.

3. Der dritte Bestandtheil des Apparates, das Stativ (C) dient einerseits zur Befestigung der beiden zuerst beschriebenen Bestandtheile, andrerseits zur Einstellung, und hat demgemäss einen unbeweglichen und einen beweglichen Theil. Der unbewegliche Theil des Stativs besteht aus einem auf drei Stellschrauben stehenden, runden hölzernen Boden (c) von etwa 12 Cent. Durchmesser, in welchem eine kreisrunde Vertiefung von 4,5 Cent. Querdurchmesser und 0,5 Cent. Tiefe zur Aufstellung und unverrückbaren Befestigung des Quecksilbergefässes (B) angebracht ist und von welchem excentrisch ein 20 Cent. hohes dreikantiges Messingprisma (c') aufsteigt. An der Rückseite des Messingprismas ist in ihrem oberen Dritttheile eine etwa 7 Cent. lange Zahnstange, an dem unteren Dritttheile eine in einer Messinghülse um ihre verticale Axe drehbare Minutensanduhr (γ) angebracht.

Der zur Einstellung bestimmte, bewegliche Theil des Statives

besteht aus einer, nach Art der Mikroskope construirten Vorrichtung, durch welche eine, der graduirten Glasröhre des Evaporators (aa') entsprechende, mithin wie diese 12 Cent. lange und vertical stehende massive Messingplatte (d) mittelst eines in die Zahnstange eingreifenden Triebes (d') vertical auf und nieder geschraubt werden kann. Am oberen und unteren Ende dieser Messingplatte sind federartige, mit kleinen Schräubchen versehene Klemmen (d') zur Aufnahme und Befestigung des Evaporators angebracht, so, dass letzterer dadurch vollkommen fixirt wird und vor unwillkürlicher Verrückung gesichert ist.

Die obere dieser Klemmen ist in verticaler Richtung verschiebbar.

An der Rückseite der Messingplatte ist an deren unterem Ende eine 7—8 Cent. lange, in senkrechter Richtung verschiebbare elfenbeinerne Nadel (δ) angebracht, deren feine, nach unten zu sehende Spitze (in ähnlicher Weise wie dies beim Fortin'schen Barometer geschieht) zur Einstellung auf das Niveau des darunter befindlichen Quecksilberspiegels dient.

II. Gebrauchsweise des Apparates.

Die Behandlung des Apparates ist folgende:

Man schraubt den auf oben beschriebene Weise an dem Stativ befestigten Evaporator durch Drehung an dem Triebknopfe allmählig soweit herab, dass die Kugel desselben (von a' bis a''') ganz in dem Quecksilber des Gefässes B versinkt, wobei durch die nach unten offene Mündung ($a''' a'''$) des Evaporators das Quecksilber in die Kugel eindringt und dieselbe ganz ausfüllt. Den noch ober dem Quecksilberniveau befindlichen Theil des Evaporators füllt man nun behutsam (von $a' a'$ bis $a a$) bis an den Rand mit destillirtem Wasser, was am zweckmässigsten durch tropfenweises Entleeren des Inhaltes einer kleinen Glasspritze an die Innenwand des Evaporators geschieht.

Ist nun der herabgeschraubte Evaporator bis an den Rand mit destillirtem Wasser gefüllt (wie dies Fig. I darstellt), so schraubt man denselben, an dem Triebe langsam drehend, so weit hinauf, bis einerseits das in Folge dieses Vorganges im Evaporator scheinbar sinkende Wasser den ersten Theilstrich (Nullpunct) der oberen graduirten Röhre ($a a'$) erreicht, andrerseits die sich allmählich von Quecksilber entleerende und demgemäss mit Wasser füllende Kugel ganz

aus dem Quecksilber emporsteigt und mindestens der erste Theilstrich der unteren Röhre ($\alpha'' \alpha'''$) mit dem Quecksilberspiegel zusammenfällt. Gleichzeitig dreht man die Minutensanduhr, darauf achtend, ob nach Ablauf derselben sich der Wasserstand noch an demselben Theilstriche der Ablesungsröhre befinde, oder ob das Niveau desselben, wie dies meistens stattfindet, binnen dieser Zeit gestiegen ist.[1]) Ist letzteres der Fall, so kann durch spitz zusammengedrehtes, in die Röhre gehaltenes Filtrirpapier allmählich so viel davon wieder entfernt werden, bis der Wasserstand dem Nullpuncte der Scala entspricht. Wäre der Wasserstand in der Röhre hingegen gesunken, so muss entweder der Theilstrich des neuen Wasserstandes als maassgebend angenommen, oder der alte durch tropfenweises Nachgiessen oder Aufschrauben des Evaporators wieder ergänzt werden.

Markirt nun der Wasserstand nach Ablauf der ersten Minute den Nullpunct oder einen beliebigen Theilstrich der Scala, so stellt man, an dem Kopfe der Elfenbeinnadel (δ) sanft drehend, dieselbe so ein, dass deren Spitze genau den Quecksilberspiegel tangirt (s. Fig. II: „Ablesungs-Einstellung"). Die Schärfe dieser Einstellung lässt nichts zu wünschen übrig, denn ist dieselbe richtig, so erscheint das verkehrte Spiegelbild mit der Nadel zusammenhängend, ohne die Spur einer Eintiefung am Quecksilber zu zeigen, während hingegen die kleinste Unrichtigkeit sich am Quecksilberspiegel entweder als Vertiefung oder durch Abstehen der einander im Quecksilberspiegel gegenüberstehenden Nadelspitzen kund gibt. Hat man sich von der correspondirenden Genauigkeit der Nadeleinstellung mit dem den Wasserstand bezeichnenden Theilstriche der Ablesungsröhre überzeugt, so schraubt man durch Drehung am Triebe den Evaporator wieder in die (durch Fig. I dargestellte) „Evaporations-Einstellung" zurück, bei welcher das in die Kugel eindringende Quecksilber das Wasserniveau bis an den obersten Rand des Evaporators ($a\,a$) zurücktreibt.

In dieser Einstellung bleibt die Wasserfläche des Evaporators 1, 3, 6, 12, 24 . . . Stunden der Verdunstung ausgesetzt.

Nach Ablauf der für die einzelne Beobachtung festgesetzten Zeit

---

1) Man kann annehmen, dass das Niveau des Wasserstandes in der Ablesungsröhre bis zur Herstellung des Gleichgewichtszustandes in der ersten Minute beiläufig um 2 Millim. steigt. Man kann daher, darauf Bedacht nehmend, die Glasröhre des Evaporators gemeinhin um 2 Millim. tiefer als den Nullpunct der Scala mit Wasser füllen.



wird unter Wiederholung der bereits beschriebenen Manipulation der Evaporator wieder in die Ablesungs-Einstellung gebracht, mit dem einzigen Unterschiede, dass diesmal, ohne vorläufige Berücksichtigung des Wasserstandes in der graduirten Röhre, die Drehung am Triebe nur so weit vorgenommen wird, bis die Einstellungsnadel den Quecksilberspiegel tangirt.

Diese uns durch die Nadelspitze vorgezeichnete Einstellung ist aber genau diejenige, welche dem bekannten Wasserstande in der Ablesungsröhre vor der Verdunstung entspricht. Wenn jedoch nun in der seither verflossenen Zeit eine bestimmte Wassermenge verdunstet ist, so wird die Höhe des Wasserstandes in der graduirten Röhre der früheren nicht mehr entsprechen können, sondern offenbar tiefer zu stehen kommen. Diese (nach Ablauf der durch die Sanduhr vorgezeichneten ersten Minute) einfach an der Scala der graduirten Röhre abzulesende Differenz zwischen dem Wasserstande vor und nach der Verdunstung, gibt uns (da der Durchmesser der Ablesungsröhre genau zehnmal kleiner ist als die Evaporationsfläche) das hundertmal vergrösserte Höhenmaass der verdunsteten Wassermenge.[1])

---

1) Da das specifische Gewicht des Quecksilbers sich zu dem des Wassers verhält wie $1 : \frac{1}{13{,}59}$, so würde, streng genommen, dies Verhältniss eine kleine Correction an der Ablesung erforderlich machen. Diese durch die Gleichung $A = A'\left(1 + \frac{\varsigma}{\sigma - \varsigma}\right)$ ausdrückbare Correction, wobei uns A die Ablesung, A' die corrigirte Ablesung, ς das specifische Gewicht des Wassers und σ das specifische Gewicht des Quecksilbers bezeichnet, ergibt uns demnach, wenn wir die wirklichen Werthe in dieselbe substituiren, als constante Correctionsformel:

$$A' = A\left(1 + \frac{1}{13{,}59 - 1}\right) = A\left(1 + \frac{1}{12{,}59}\right).$$

Es wird nun Gegenstand weiterer, fortgesetzter, hierüber zu pflegender Untersuchungen sein, zu ermitteln, ob diese Correction ganz vernachlässigt werden dürfe, oder ob deren Ausserachtlassung wesentlich in Betracht kommt. In letzterem Falle wäre auf Grundlage derselben einfach für die Höhe jedes Ablesungsstandes eine für alle Instrumente allgemein gültige Correctionstabelle zu berechnen.

Eine fernere noch in Erwägung zu ziehende Frage, deren Beantwortung einschlägigen Beobachtungen vorbehalten bleibt, wäre zu untersuchen, ob die durch die Veränderungen der Lufttemperatur entstehenden relativen Veränderungen in der Dichte und dem Volum des Wassers und des Quecksilbers nachweisbare Ablesungsfehler bedingen. Da Wasser und Quecksilber beide in Glasbehältnissen sind, die Temperatur überdies nicht plötzlich, sondern nur allmählig in Extreme übergeht, die täglichen Extreme aber nur einige Grade betragen, so dürfte der Ablesungsstand hierdurch kaum nachweisbar geändert werden.

Die wirkliche Höhe des verdunsteten Wassers beträgt demnach den hundertsten Theil der an der Glasröhre abgelesenen Höhe.

Wir können somit, wenn wir nur ganze Theilstriche an der Scala ablesen, die wirkliche Verdunstungshöhe bis auf 0,01 Millim. bestimmen. Ohne die Genauigkeit übertreiben zu wollen, wird man jedoch mit Leichtigkeit auch Bruchtheile zwischen je zwei Theilstrichen, als $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ (= 0,005, 0,0033, 0,0025), ja bei einigermaassen geübtem Auge auch $\frac{1}{5}$ (= 0,002) Millim. der Ablesung mit Sicherheit daran abzuschätzen im Stande sein, eine Schärfe wie sie, ausser durch Wägung, mit keinem bisher bekannten Atmometer erreicht werden kann.

Da die Bestimmung des Cubikmaasses zwecklos ist, indem es hier genügt, wie bei Bestimmung der gefallenen Regenmenge die *Höhe der unter gleichen Verhältnissen überall gleich vor sich gehenden Verdunstung* des Wassers anzugeben, so gestaltet sich die Aufzeichnung und Berechnung der mit dem eben beschriebenen Atmometer angestellten Beobachtungen, zu einer eben so einfachen, als auch gleichzeitig sehr genauen, indem die *Reduction der Ablesung auf die Evaporationsfläche* dem Gesagten zufolge einfach in einer *Verrückung des Decimalpunctes um zwei Stellen nach links* besteht. Der Werth etwa begangener Ablesungsfehler wird hierdurch in Wirklichkeit um zwei Decimalstellen vermindert, also hundertmal kleiner.

Ein Beispiel wird die Einfachheit und Genauigkeit des Verfahrens klar darthun. Es sei, nach erfolgter Einstellung der Nadelspitze auf den Quecksilberspiegel und des Wasserstandes auf den Nullpunct der Scala, das Wasser sechs Stunden hindurch der Verdunstung ausgesetzt geblieben. Nach hierauf erfolgtem Zurückschrauben des Evaporators in die Ablesungs-Einstellung sei beispielsweise der Wasserstand in der Ablesungsröhre vom Nullpuncte um 42 und $\frac{1}{4}$ Theilstriche gesunken. Wir haben mithin als *Ablesung* des Standes in der Röhre 42,25 Millim. und als *wirkliche Höhe*, durch Reduction der Ablesung auf die hundertmal grössere Evaporationsfläche (indem wir einfach den Decimalpunct um zwei Stellen nach links rücken) 0,4225 Millim. zu notiren. Es ist demnach binnen sechs Stunden Wasser in einer Höhe von 0,4225 Millim. verdunstet und wir besitzen in dieser Zahl bereits ein mit allen auf dieselbe Weise angestellten Beobachtungen vergleichbares Maass.

Nach erfolgter Ablesung wird zum Behufe weiterer Beobachtungen einfach die verdunstete Wassermenge durch tropfenweises Zugiessen mit der Glasspritze wieder bis zum Nullpuncte ergänzt, die durch die Sanduhr vorgezeichnete Frist abgewartet, und, wenn der Wasserstand mit dem Nullpuncte zusammenfällt, das Wasser wieder in die Evaporations-Einstellung (Fig. I) gebracht.

Das ganze hier beschriebene und der Beschreibung nach vielleicht complicirt erscheinende Verfahren gestaltet sich in der Ausführung zu einem sehr einfachen, und nimmt im Ganzen für die einzelne Beobachtung bei einiger Uebung und Gewandtheit im Aneignen der Handgriffe nur zwei Minuten in Anspruch.

Es erübrigt uns nun noch, zwei Puncte ins Auge zu fassen und zu erörtern, ob und wie nämlich das oben beschriebene Atmometer dennoch brauchbar sein kann, wenn 1. die Ablesungshöhe des verdunsteten Wassers die Höhe der graduirten Röhre überschreitet, d. h. wenn die an der graduirten Röhre abzulesende Verdunstungshöhe mehr als 100 Millim. beträgt? und 2. wenn das Wasser im Evaporator gefroren ist, dasselbe mithin nicht in die Messröhre herabgelassen werden kann?

Ad 1. Wenn in einer bestimmten Zeit eine so grosse Wassermenge verdunstet, dass sich die Länge der Ablesungsröhre für die Messung der Verdunstungshöhe als unzureichend erweisst, so finden wir, dass bei dem Herablassen des Wassers in die Ablesungs-Einstellung der Wasserstand den letzten Theilstrich der Scala erreicht, die Spitze der Elfenbeinnadel hingegen noch im Quecksilber versenkt erscheint, oder wenn wir durch Weiterdrehen am Triebe die Nadelspitze auf den Quecksilberspiegel einzustellen versuchen, das Wasserniveau unter die Ablesungsröhre in die Kugel herabsinkt, der Wasserstand in diesem Falle folglich auch an der Scala nicht abgelesen werden kann.

Das in einem derartigen Falle zu beobachtende Verfahren ist dann folgendes: Man schraubt den in der Evaporations-Einstellung (Fig. I) befindlichen Evaporator durch Drehung an dem Triebe so lange nach aufwärts, bis der in Folge dieses Verfahrens gegen die Kugel zu (scheinbar) fortwährend herabsinkende Wasserstand einen der letzten Theilstriche am unteren Ende der Scala erreicht, hält dann, ohne vorläufig die Stellung der, noch im Quecksilber versenkten Nadelspitze zu berücksichtigen, mit dem Drehen inne, und

giesst, die Mündung der kleinen Glasspritze an die innere Wand des Evaporators anlegend, tropfenweise so viel Wasser nach, bis der Wasserstand zum Nullpuncte der graduirten Röhre emporgestiegen ist.[1])

Ein erneutes Drehen am Triebe wird nun, wenn die Ablesungshöhe des verdunsteten Wassers nicht 200 Millim. der graduirten Röhre übersteigt, genügen, um den Wasserstand in der Scala emporzutreiben und demnach die gewünschte Einstellung der Nadelspitze zu ermöglichen. Sollte die Ablesungshöhe des verdunsteten Wassers in der graduirten Röhre 200 Millim. übersteigen, so wird die Einstellung auf die Nadelspitze begreiflicher Weise erst nach zweimaligem Nachgiessen stattfinden können.

Es ist klar, dass diese Ergänzung des verdunsteten Wassers, ohne eine Verlängerung der graduirten Röhre nothwendig zu machen, nach Bedarf auch noch öfter vorgenommen werden kann und derselben erst dann eine Grenze vorgezeichnet wird, wenn die evaporirende Wasserfläche aus dem cylindrischen in den trichterförmig verjüngten Theil des Evaporators zu stehen käme, in welchem Falle durch veränderte Grösse der evaporirenden Fläche ein Fehler bei der Reduction auf dieselbe begangen würde.

Da die Höhe des nachgegossenen Wassers an der Scala abgelesen werden kann, dieselbe mithin bekannt ist, so ist einleuchtend, dass, unter Beobachtung der angeführten Vorsichtsmaassregeln, durch dieses Verfahren die Zuverlässigkeit der Messung keineswegs beeinträchtigt wird; ferner, dass diese Höhe nur noch zu der durch die Einstellung vorgezeichneten hinzu addirt zu werden braucht, um die ganze Verdunstungshöhe zu erhalten.

Ich kann jedoch nicht unterlassen, hier zu bemerken, dass, wie bereits Eingangs erwähnt, das eben beschriebene Atmometer vorzugsweise zur schärferen Messung *kleinerer, in kurzen Zwischenräumen verdunsteter Wassermengen* bestimmt ist, dasselbe daher vorzugsweise zu Beobachtungen in *feuchten* und mässig feuchten Klimaten dienen soll. Wenn dennoch die Evaporationskraft eines Klimas so bedeutend ist, dass ein mehrmaliges Ergänzen des verdunsteten Wassers zum Behufe der Ablesung nicht Ausnahme ist, sondern zur

---

1) Das Nachfüllen des Wassers hat sehr behutsam zu geschehen, indem durch Ausserachtlassung dieser Vorsicht Luftblasen in die Ablesungsröhre eingetrieben werden und somit dadurch das ganze Messungsresultat vereitelt werden kann.

Regel wird, so ist es gerathener, entweder die Anzahl der Beobachtungen entsprechend zu vermehren, oder wenn minder genaue Resultate beansprucht werden, ein minder empfindliches, jedoch mehr Wasser enthaltendes Atmometer, wie z. B. das von Leslie, zu gebrauchen.

Der zweite noch zu erörternde Punct betrifft die Frage, ob und wie weit das oben beschriebene Atmometer auch im Winter bei gefrorenem Wasser zu Verdunstungsbeobachtungen benutzt werden kann. Da in diesem Falle das entweder ganz oder theilweise gefrorene Wasser begreiflicher Weise nicht in die Messröhre herabgelassen werden, mithin auch nicht in die Ablesungs-Einstellung gebracht werden kann, so muss dasselbe durch Erhöhung der umgebenden Lufttemperatur aufgethaut werden, was, ohne das Atmometer von seinem Standpuncte zu verrücken, am schnellsten und einfachsten durch eine Blechvorrichtung geschieht, wie sie Fig. III darstellt. Diese Vorrichtung besteht aus einer mit einer hölzernen Handhabe versehenen Blechkanne (*A*), welche mit kochendem Wasser gefüllt und durch einen Deckel (*B*) geschlossen wird. Vom Deckel aus führt eine Röhre den aus der Kanne aufsteigenden Wasserdampf in einen hohlen Blechring (*C*), welcher dazu bestimmt ist, das obere Evaporationsgefäss, ohne dasselbe zu berühren, allenthalben zu umgeben. Die dem Blechringe durch die heissen Wasserdämpfe ertheilte hohe Temperatur bewirkt durch Mittheilung an die umgebende Luft ein Aufthauen des Eises im Evaporator in dem (je nach der umgebenden Lufttemperatur variirenden) Zeitraume von 5—10 Minuten.

III. Begründung der Construction und der eingeschlagenen Behandlung des Atmometers.

Da die, dem eben beschriebenen Atmometer gegebene Gestalt, die gewählten Dimensionen und die eingeschlagene Behandlung desselben Resultate nahezu zwei Jahre hindurch ununterbrochen angestellter, auf stete Verbesserung und Erhöhung der Genauigkeit abzielender Untersuchungen sind, der Apparat, wie derselbe hier der Oeffentlichkeit übergeben wird, in seiner jetzigen Gestalt gleichsam aus der Erfahrung hervorgegangen und sich bereits praktisch bewährt hat: so erachte ich es nicht für überflüssig, ehe ich zu den von mir mit demselben angestellten Beobachtungen übergehe, die Begründung der für den Apparat gewählten Dimensionen und der eingeschlagenen

Gebrauchsweise hier besonders anzuführen, zum Beweise, dass dieselben nicht willkürlich gewählt wurden und dass keine, selbst anscheinend unwesentliche Anordnung desselben unberücksichtiget bleiben darf, ohne der Zweckmässigkeit des Apparates und der Genauigkeit der Beobachtung Eintrag zu thun.

a) Der obere Theil des Evaporationsgefässes muss genau cylindrisch sein, damit die evaporirende Grundfläche stets dieselbe bleibe und bei der Reduction der Ablesung kein Reductionsfehler begangen werde.

b) Die dem cylindrischen Theile des Evaporationsgefässes gegebene Höhe von $1^1/_2$ Cent. genügt vollkommen. Wenn die zwischen zwei Beobachtungen verdunstete Wassermenge gewöhnlich einer solchen Höhe nahe kommt, also in einem sehr trockenen Klima oder bei sehr entfernten Beobachtungszeiten, dann genügt ein minder empfindliches Atmometer.

c) Der Boden des Evaporationsgefässes ist trichterförmig verjüngt, damit der Abfluss des Wassers in die Ablesungsröhre möglichst ungehindert stattfinden kann.

d) Die 12 Cent. lange Ablesungsröhre ist nur in einer Höhe von 10 Cent. an ihren beiden Enden jedoch 1 Cent. lang nicht graduirt, weil diese Stellen der Röhre durch die Klemmen (*d''*) der Messingplatte des Statives theilweise verdeckt werden, daher zu Ablesung nicht gut benützt werden können, überdies als Anfügungsstellen nicht stets das richtige Kaliber darbieten.

Um die Theilstriche der Röhre ersichtlicher zu machen, ist es zweckmässig, feines Zinnoberpulver in dieselben einzureiben.

Der innere Querdurchmesser der graduirten Röhre kann 4 bis 3,5 Millim. betragen, darf jedoch unter keiner Bedingung kleiner sein als 3,5 Millim., da sonst die Capillarattraction der Glaswände zu sehr in Betracht kommt. Vermöge dieser Capillarattraction der Wände bildet auch das Wasser in der Röhre keine gerade Linie, sondern erscheint als ein nach unten convexer Bogen. Als Ablesung ist daher consequent entweder die Tangente oder die Sehne dieses Bogens zu benützen.

Der Einfachheit der Reduction halber ist es höchst wünschenswerth, dass der Querdurchmesser der Glasröhre (*a a*) genau zehnmal kleiner sei als der Querdurchmesser des oberen Evaporationsgefässes

(aa) $(10\,\alpha\alpha = aa)$[1]. Der Durchmesser des Evaporationsgefässes richtet sich demnach nach dem Durchmesser der graduirten Röhre.

Ist das Verhältniss der beiden Durchmesser nicht wie 1:10, so muss, damit kein Reductionsfehler begangen werde, aus den beiden Grundflächen erst der constante Reductionsfactor gesucht werden. Die Ablesung, mit dem constanten Reductionsfactor multiplicirt, ergibt dann die auf die Evaporationsfläche reducirte Verdunstungshöhe.[2])

Man hat dann entweder ein für alle Mal im Vorhinein eine Reductionstabelle für alle Ablesungsstände zu entwerfen, oder die Reductionsberechnung bei jeder einzelnen Ablesung vorzunehmen. Das Nichteinhalten des Decimalverhältnisses zwischen Röhre und Evaporationsgefäss verursacht uns demnach eine unnöthige und zeitraubende Complication, welche bei vorschriftsmässiger Construction von selbst entfällt, da, wie bereits erwähnt, die Reduction dann einfach in Verrückung des Decimalpunctes um zwei Stellen von rechts nach links besteht.

e) Die Capacität der in die Ablesungsröhre eingeschalteten Glaskugel muss mindestens eben so gross, oder etwas grösser sein, als die des Evaporationsgefässes. Unter keiner Bedingung darf dieselbe kleiner sein, da sonst das Wasser bei der Evaporations-Einstellung, aus der graduirten Röhre nicht bis an den Rand des Evaporationsgefässes getrieben, bei der Ablesungs-Einstellung hingegen nicht in die Ablesungsröhre herabgelassen werden kann.

f) Die an das untere Ende der Glaskugel angefügte Röhre $(a''\,a''')$ muss den gleichen Querdurchschnitt darbieten, wie die Ablesungsröhre $(\alpha\,a')$ und mindestens $1^1/_2$ Cent. lang sein, damit bei der Ablesungs-Einstellung die Glaskugel (A'), wie Fig. II darstellt, vollkommen über das Niveau des Quecksilberspiegels erhoben werden könne, und die hierbei die untere Röhre erfüllende Quecksilbersäule der über ihr lastenden Wassersäule noch das Gleichgewicht zu halten im Stande sei.

---

1) Der Glaskünstler hat die Durchmesser beider Gefässe, ehe er sie an einander löthet, genau zu messen; wenn dies vernachlässigt wurde, so muss die Bestimmung des Durchmessers der Glasröhre durch Wägung vorgenommen werden.

2) Da sich die Flächen verkehrt proportional verhalten wie die Höhen, erhalten wir in diesem Falle die Gleichung $f:F = H:h$, wobei uns f den Flächeninhalt der Röhre, F die Evaporationsfläche, h die Höhe der Verdunstungs-Ablesung in der graduirten Röhre, und H die wirkliche Verdunstungshöhe der Evaporationsfläche bezeichnet; demnach $H = \frac{fh}{F}$. Hierbei ist $\frac{f}{F}$ der constante Reductionsfactor, welcher mit jeder Ablesung h zu multipliciren ist.

Da das specifische Gewicht des Wassers zu dem des Quecksilbers sich verhält wie $1 : \frac{1}{13,59}$, so wird, wenn man bei unzureichender Länge der unteren Röhre ein Ueberwiegen des Wasserdruckes über den Quecksilberdruck, und demzufolge ein theilweises Ausfliessen des Wassers durch die offene Mündung der Röhre $\alpha'' \alpha'''$ verhindern will, die Glaskugel nicht ganz über den Quecksilberspiegel erhoben werden können.

In diesem Falle aber wird, da die Berührungsfläche von Wasser und Quecksilber dann nicht mehr in die Röhre $\alpha'' \alpha'''$, sondern in die Kugel A' fällt, die Grösse des Querschnittes an der Basis der Wassersäule eine mit jeder Einstellung veränderliche sein, was einen mit zunehmender Verdunstung zunehmenden Fehler in der Ablesung nach sich zieht. Da nun dieser Fehler durch eine genau bestimmbare Correction beseitigt werden kann, so wird durch denselben der Genauigkeit der Resultate keineswegs Eintrag gethan; doch ist die Bestimmung dieser, für jedes derart construirte Atmometer eigens zu berechnenden Correction eine sehr mühsame, umständliche und zeitraubende. Da nun diese unliebsame und unnöthige Complication durch entsprechende Länge der Röhre $\alpha'' \alpha'''$ vollkommen umgangen werden kann, so verdient letztgenannte Anordnung unbedingt den Vorzug.

g) Die offenen Mündungen des Evaporators sind matt abgeschliffen, um bei den entsprechenden Einstellungen ein Ueberfliessen des Wassers nach oben oder unten zu erschweren.

h) Das Quecksilbergefäss hat die Form eines nach unten abgestumpften Kegels, um mit möglichst grosser Fläche des Quecksilberspiegels gleichzeitig eine Ersparung an Quecksilber zu verbinden. Da das Gewicht des Quecksilbers ohnehin schon gegen $1\frac{1}{2}$ Pfund beträgt, so ist eine Vermehrung des Gewichtes und der Kosten des Apparates jedenfalls überflüssig.

i) Man hat darauf zu achten, dass der Quecksilberspiegel in der Umgebung der Einstellungsnadel stets rein und ungetrübt sei, um die Genauigkeit der Einstellung auf die Nadelspitze nicht zu beeinträchtigen. Verunreinigungen und das sich durch Oxydation des Quecksilbers an der Luft bildende, den Spiegel trübende Häutchen, sind daher stets vor der Ablesung durch Streichen mit einem Pinsel oder einem Filtrirpapierstreifen zu entfernen.

k) Die Stellung des Quecksilbergefässes zum Evaporator ist (wie aus Fig. I und II ersichtlich) eine nach vorne zu excentrische und zwar deshalb, weil die Grösse des vorderen Theils der Quecksilberfläche ohne Belang ist, während einerseits die Berührungsstelle von Nadel und Quecksilber nicht in die Umbiegung des letzteren nahe an die Glaswand fallen darf, andrerseits die Einstellung der Nadelspitze auf den Quecksilberspiegel wesentlich erleichtert wird, wenn die die Nadelspitze umgebende Quecksilberfläche möglichst gross ist.

l) Die an dem Messingprisma des Statives an dessen Rückseite angebrachte Zahnstange darf nur so weit herabreichen, dass in der Evaporations-Einstellung die untere offene Mündung des Evaporators den Boden des Quecksilbergefässes nicht berühren könne, sondern noch etwa 2—3 Millim. von demselben abstehe. Wenn das Triebwerk ein noch tieferes Herabschrauben zulässt, so wird man, um einerseits dem in die Glaskugel eindringenden Quecksilber den Weg nicht zu versperren und andererseits durch Andrücken an den Boden des Quecksilbergefässes den Evaporator nicht zu zerbrechen, gut daran thun, die entsprechende Stelle des Messingprismas, bis zu welcher der Evaporator in der Evaporations-Einstellung herabgeschraubt werden darf (Fig. II *s s*), mit einer Marke zu bezeichnen.

m) Die Messingplatte *d* muss massiv gearbeitet sein, und darf ausser der beabsichtigten verticalen keine seitliche Bewegung des Evaporators gestatten; desgleichen die von der Messingplatte abgehenden fadenartigen Klemmen den Evaporator unverrückbar fixiren, was mittelst kleiner, dieselben an einander klemmenden Schräubchen bewerkstelligt wird.

Da man bei Verlust eines Evaporators leicht in die Verlegenheit gerathen kann, keinen genau die Dimensionen des früheren darbietenden Ersatz zu finden, so wurde die obere der beiden Klemmen in verticaler Richtung verschiebbar gemacht. Diese Anordnung, durch welche die Entfernung der beiden Klemmen von einander willkürlich verlängert oder verkürzt werden kann, ermöglicht es, dass dieselben, je nach Bedarf, auch einem etwas längeren oder kürzeren Evaporator angepasst werden können, ohne eine Aenderung des Atmometers nothwendig zu machen.

n) Die verschiebbare Einstellungsnadel ist aus Elfenbein gearbeitet und muss möglichst fein zugespitzt sein. Stahl hierzu zu benützen ist unzweckmässig, da der sich an die Nadel in Folge der Luftfeuchtig-

keit ansetzende Rost den Quecksilberspiegel in der Umgebung der Nadelspitze verunreinigt und es, wie bereits bemerkt, die Genauigkeit der Einstellung beeinträchtigt, wenn gerade die Stelle, wo die Nadelspitze das Quecksilber tangirt, nicht spiegelnd ist.

Auch muss die Einstellungsnadel mindestens so weit herabreichen, dass bei der Einstellung der Nadelspitze auf das Quecksilberniveau die Kugel des Evaporators frei über dem Quecksilber erscheint.

o) Es ist begreiflich, dass die Genauigkeit der mit dem Atmometer zu erhaltenden Resultate beeinträchtigt wird, wenn bei der Ablesungseinstellung vor und nach der Verdunstung nicht genau dieselben Verhältnisse obwalten. Dieser Fall würde nun wirklich eintreten, wenn die Ablesung nach Einstellung der Nadelspitze auf den Quecksilberspiegel nicht zu einer stets bestimmt eingehaltenen Zeit, sondern bald unmittelbar nach der Einstellung, bald aber 1—2 Minuten später vorgenommen würde. Da sich durch das Herablassen des Wassers aus der Evaporations- in die Ablesungs-Einstellung einerseits eine Strömung an den Wänden von oben gegen die Glasröhre herab bildet, andrerseits eine neue Gleichgewichtsstellung zwischen Wasser und Quecksilber erst herstellen muss, so ist einleuchtend, dass, wenn diese Strömung und Gleichgewichtsherstellung bald früher, bald später unterbrochen wird, Ablesungsunrichtigkeiten von mehreren Millimetern stattfinden können. Wenn nun aber, hierauf Bedacht nehmend, in der Ablesungs-Einstellung die Ablesung stets erst nach Verlauf einer bestimmten Zeit vorgenommen und diese Zeit zwischen Einstellung und Ablesung bei jeder Beobachtung auch stets gleichmässig und genau abgewartet wird, so wird bei jeder Beobachtung genau dasselbe Gleichgewichtsverhältniss zwischen Wasser und Quecksilber und dasselbe Strömungsverhältniss bei dem, längs den Wänden des Evaporationsgefässes in die Glasröhre herabfliessenden Wasser stattfinden.[1])

Dass dem wirklich so sei, und dass diese genaue Einhaltung der Abwartungszeit zwischen Einstellung und Ablesung die Genauigkeit der mit meinem Atmometer angestellten Untersuchungen wesentlich erhöhe, während die Ausserachtlassung dieser

1) Aus demselben Grunde bedingt auch die Ansammlung des an den Gefässwandungen haftend bleibenden Wassers keinen Ablesungsfehler, da bei Beobachtung der eben erwähnten Vorsichtsmaassregel die zurückgehaltene Wassermenge vor und nach der Verdunstung stets dieselbe bleibt, der Fehler mithin aufgehoben wird.



Vorsicht Ablesungsfehler veranlasst, davon haben mich zahlreiche, zu diesem Zwecke angestellte Versuche auf das Bestimmteste überzeugt.

Aus diesem Grunde wurde dem Atmometer die Minuten-Sanduhr beigegeben; dieselbe bildet somit ein wesentliches, doch als solche nicht eben unumgänglich nothwendiges Attribut des Atmometers, da sie auch durch eine Secunden-Taschenuhr ersetzt werden kann.

Erfahrungsgemäss stellte es sich als am zweckmässigsten heraus, wenn die Ablesung eine Minute nach der Einstellung vorgenommen wird, da vor dieser Zeit der Gleichgewichtsstand zwischen Wasser und Quecksilber noch nicht vollkommen hergestellt ist, während gleichzeitig innerhalb dieser Zeit noch keine merkbare Wassermenge verdunstet.

p) Das Nachfüllen des durch Verdunstung verloren gegangenen Wassers bis zum Nullpuncte der Ablesungsröhre hat stets behutsam und zwar in der Weise zu geschehen, dass man die Mündung der kleinen Glasspritze an die innere Wandung des Evaporators andrückend das Wasser tropfenweise an derselben herabrieseln lässt. Durch dieses Verfahren, welches man bei einiger Uebung vollkommen in seiner Gewalt hat, wird die Füllung mit dem geringsten Zeitverluste bewerkstelligt, da einerseits der Gleichgewichtszustand an der Scala sich schneller herstellt, andererseits, was ungleich wichtiger, die Einschliessung von Luftblasen in der Ablesungsröhre verhindert wird. Sollte letzteres dennoch stattfinden, so genügt es, an dem Triebe einige Male hin und her zu schrauben, um ein Emporsteigen der Luftblasen zu veranlassen.

q) Was endlich noch das zum Aufthauen des Eises im Evaporator angewandte Verfahren betrifft, so muss wohl zugegeben werden, dass jedes wie immer geartete Verfahren, welches ein künstliches Aufthauen sich zur Aufgabe stellt, kein ganz tadelloses genannt werden darf. Durch Veränderung des Aggregationszustandes des Eises im Wasser, durch Veränderung der Temperatur des Eises in Wasser von 0°, wie auch durch Veränderung der Temperatur des Evaporationsgefässes und der umgebenden Luft werden jedenfalls auch Veränderungen in den Verdunstungsverhältnissen herbeigeführt. Da jedoch ausser durch Wägung kein Verfahren im Stande ist, diese Fehler gänzlich zu beseitigen, so musste wenigstens getrachtet werden, die Fehler auf das geringste Maass herabzudrücken. Bei Construction der zum Aufthauen verwendeten Blechvorrichtung musste daher das Haupt-

augenmerk darauf gerichtet werden, einfache practische Handhabung mit Genauigkeit zu verbinden und dabei den Normalverhältnissen möglichst nahe zu kommen.

Es handelt sich vor Allem, ein Aufthauen in möglichst kurzer Zeit zu bewerkstelligen, ohne jedoch dabei in die Nothwendigkeit versetzt zu werden, das Atmometer von seinem Standorte entfernen zu müssen.

Das Aufthauen des Eises im Evaporator durch Zuleiten warmer Luft in dessen Umgebung, wird am einfachsten durch Zuleitung heisser Wasserdämpfe bewerkstelligt. Die Wasserdämpfe dürfen jedoch nicht direct auf das Atmometer geleitet werden, da sich dieselben sonst an den Wänden desselben und namentlich auf der Evaporationsfläche niederschlagen, was theils eine Verunreinigung des Apparates, theils ein fehlerhaftes Resultat nach sich zöge. Um diese beiden Nachtheile zu vermeiden, wurden die Wasserdämpfe in einen den Evaporator umgebenden Blechring geleitet. Der innere hohle Raum des Blechringes muss, den Dimensionen des oberen Evaporationsgefässes entsprechend, einen etwas grösseren Durchmesser haben, als dieses, da der Blechring den Evaporator nicht berühren darf, sondern nur durch Mittheilung seiner eigenen Wärme an die umgebende Luft ein Aufthauen des Eises im Evaporator veranlassen soll. Um nun das Aufthauen zu beschleunigen, muss man trachten, die umgebende Luft schneller und in einem grösseren Umfange zu erwärmen, daher die Höhe des Blechringes die des oberen Evaporationsgefässes mindestens um 1—1$^1/_2$ Cent. überragen, der Blechring mithin 4$^1/_2$—5 Cent. hoch sein soll.

Der grösseren Bequemlichkeit halber besteht die ganze Vorrichtung aus mehreren zerlegbaren Theilen.

Ausser dem Vortheile, dass diese Vorrichtung allenthalben leicht anzubringen ist, und dass das Atmometer durch Anwendung derselben nicht von seinem Standorte verrückt zu werden braucht, ist es als ein weiterer Vortheil zu erachten, dass mit derselben das Aufthauen viel kürzere Zeit beansprucht, als wenn z. B. blos die Zimmerwärme hierzu benützt werden sollte.

Während, abgesehen von den durch Entfernung des Atmometers von seinem Standorte möglicher Weise begangenen Ablesungsfehlern, das Aufthauen in der Zimmerwärme (bei circa 20^0 C.) eine halbe Stunde und darüber beansprucht, geschieht dasselbe durch Anwendung

obiger Vorrichtung in unverhältnissmässig kurzer Zeit, und zwar (je nach der Lufttemperatur) in 5—10 Minuten.

Die Blechvorrichtung ist daher stets 5—10 Minuten vor der üblichen Beobachtungszeit aufzustellen, wenn eine pünctliche, mit anderen Beobachtungszeiten übereinstimmende Ablesung erfolgen soll.

Die durch Veränderung des Aggregationszustandes des Eises in Wasser und der Temperatur des möglicher Weise unter 0° befindlichen Eises in Wasser von 0°, und durch Erhöhung der Temperatur begangenen Fehler sind, besonders wenn die Beobachtungen nicht in allzu kurzen Zeiträumen (z. B. von Stunde zu Stunde) erfolgen, nicht erheblich, und verschwinden begreiflich immer mehr in dem Maasse, als die Intervalle zwischen den Beobachtungsstunden zunehmen.

Ueberdies muss es immerhin als ein grösserer Gewinn erachtet werden, wenn auf irgend eine Weise selbst nicht ganz tadellose Beobachtungen ermöglicht werden können, als wenn aus Mangel eines Beobachtungsverfahrens dieselben vollständig sistirt werden müssten.

Ein Bersten des Evaporators durch die Eisbildung ist, da die Ausdehnung des Eises vermöge der Form des Gefässes in keinerlei Weise behindert wird, nicht zu fürchten.

r) Eine schliesslich noch in Erwägung zu ziehende Frage ist die, ob die Kalibrirung verschiedener Evaporatoren eine so gleichartige sein könne, um für vergleichende Untersuchungen hinlängliche Uebereinstimmung und Verlässlichkeit darzubieten? Um diese Frage beantworten zu können, wurden zwei vorschriftsmässig verfertigte Atmometer unter ganz gleichen Bedingungen versetzt, d. i. neben einander unter derselben Beschirmung aufgestellt, und bis an den Rand mit destillirtem Wasser gefüllt. Bei jedem der beiden Evaporatoren betrug der Durchmesser der Evaporationsfläche 3,5 Cent., der Durchmesser der Ablesungsröhre hingegen 3,5 Millim. Das Reductionsverhältniss der beiden Flächen ist demnach = 100:1. Nachdem beide Atmometer eine gewisse, für jeden einzelnen Versuch verschieden lange Zeit der Verdunstung ausgesetzt geblieben, wurde an beiden Maassröhren gleichzeitig die entsprechende Verdunstungshöhe abgelesen. Die Differenz der hierbei erhaltenen Resultate werden aus nachfolgenden, in aufsteigender Reihenfolge geordneten (bereits auf die Evaporationsfläche reducirten) Zahlen ersichtlich:

Anzahl der Beobachtungen.	Verdunstungshöhe in Millimetern.		Differenz.
	Atmometer I.	Atmometer II.	
1	0,1675 Mm.	0,1750 Mm.	+ 0,0075 Mm.
2	0,2200	0,2400	+ 0,0200
3	0,4225	0,4075	— 0,0150
4	0,6975	0,6975	0,0000
5	0,7125	0,7150	+ 0,0025
6	0,8875	0,8900	+ 0,0025
7	1,0750	1,0800	+ 0,0050
8	1,1025	1,1200	+ 0,0175
9	1,1125	1,1425	+ 0,0300
10	1,1200	1,1475	+ 0,0275
11	1,3600	1,3850	+ 0,0250
12	1,7250	1,7050	— 0,0200

Aus dieser Versuchsreihe geht hervor, dass sich erst für die zweite Decimalstelle Differenzen ergeben, deren höchste wir mit 0,03 Millim. verzeichnet finden. Die mittlere Differenz aus allen 12 Versuchen beträgt 0,0085 Millim.

Diese, durch Ungleichheiten in der Kalibrirung beider Atmometer veranlassten Differenzen erweisen sich mithin als so unbedeutend, dass dieselben bei vergleichenden Beobachtungen kaum wesentlich in Betracht kommen dürften.[1])

IV. Beobachtungsverfahren.

Nachdem wir hiermit den Apparat und die Handhabung desselben einer genauen Zergliederung unterzogen, erübrigt uns noch die Frage

1) Das eben beschriebene Atmometer verfertigt Herr Karl Fritsch, Optiker und Mechaniker in Wien, Gumpendorferstrasse Nr. 20. Der Preis dieses, daselbst stets vorräthig zu findenden Apparates beträgt: In einem, zum Mitnehmen auf Reisen compendiös eingerichteten Kästchen aus Eichenholz, mit zwei Evaporatoren und $1^1/_2$ Pfund Quecksilber 33 fl. öst. W.; ohne Kästchen 28 fl. öst. W.; ohne Kästchen und Quecksilber 25 fl. Ein graduirter Evaporator kostet 3 fl. Um den Beobachter im Falle des Verlustes eines Evaporators nicht in die Lage zu versetzen, eine Unterbrechung seiner Beobachtungen eintreten lassen zu müssen, wurde die zweckmässig befundene Anordnung getroffen, dass zu jedem Apparate zwei Evaporatoren beigegeben wurden.

zu erörtern: Welches Beobachtungsverfahren ist einzuschlagen und auf welche Umstände ist Rücksicht zu nehmen, um correcte Beobachtungen und zu Vergleichungen brauchbare Resultate mit diesem Apparate zu liefern?

Um ein zweckmässiges Beobachtungsverfahren einleiten zu können, müssen wir uns vorerst die Momente vergegenwärtigen, welche auf die Verdunstung verändernd einwirken können und deren Veränderung auch eine Veränderung der Resultate nach sich ziehen wird.

Die auf die Schnelligkeit der Verdunstung im Allgemeinen vorzugsweise einwirkenden Factoren sind: die Temperatur, der Luftdruck, der Feuchtigkeitsgehalt, die Windrichtung und die Windstärke, und zwar steht die Verdunstungsgeschwindigkeit in proportionalem Verhältnisse zur Temperatur und Windstärke, in verkehrt proportionalem hingegen zum Luftdrucke und zur Feuchtigkeit. (Der Einfluss der Windrichtung fällt mit dem der Windstärke, Temperatur und Feuchtigkeit zusammen.)

Die Verdunstung wird demnach um so lebhafter erfolgen: je höher die Lufttemperatur, je bedeutender die Windstärke, je geringer die Luftfeuchtigkeit und der Luftdruck. Sie wird um so langsamer vor sich gehen, je niedriger die Lufttemperatur, je ruhiger und feuchter die Luft und je stärker der Druck derselben.

Ausser auf diese Hauptmomente ist bei Beobachtungen über die Verdunstung noch auf eine Reihe von Nebenumständen Rücksicht zu nehmen, welche auf die Verdunstung mehr oder weniger ändernd einwirken, als: die Entfernung des Atmometers vom Boden, der Standort und die Umgebung desselben, das specifische Gewicht der verdampfenden Flüssigkeit, ferner, wie dies aus Marcet's [1]) einschlägigen Untersuchungen hervorgeht, sogar die Tiefe und Unterlage der Verdampfungsflüssigkeit und die Natur des Gefässes, in welchem dieselbe enthalten ist.

Da dem Gesagten zufolge die Verdunstung kein einfacher Process ist, so wird es auch den Verdunstungsbeobachtungen obliegen, mehrfache Fragen zu lösen, und es wird daher nicht genügen, blos darüber aufzuklären, wie viel Wasser in einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Orte überhaupt verdampft, sondern auch andrerseits,

---

1) Poggendorff's Annalen. Ergänzungsband 4. pag. 345.

warum unter den gegebenen Verhältnissen die Verdunstung mehr oder weniger rasch erfolge.

Es ist nun begreiflich, dass man durch Aenderung der Verhältnisse, unter denen sich die verdampfende Flüssigkeit befindet, durch Aenderung des Gefässes und insbesondere der Aufstellung, gleichwie bei den Temperaturbeobachtungen, so auch in noch grösserem Maassstabe bei Verdunstungsbeobachtungen zu wesentlich verschiedenen Resultaten gelangen kann, und wird, je nachdem die evaporirende Fläche der Sonne oder dem Schatten, directem Windanfalle ausgesetzt oder vor demselben geschützt ist, je nachdem sie mit oder ohne Beschirmung versehen, in einem grösseren oder geringeren Abstande vom Boden entfernt ist.

Es ist nun Sache und Aufgabe specieller in dieser Richtung vorzunehmender Detailuntersuchungen, die Veränderungen zu studiren, welche die Verdunstung durch die eben angeführte Veränderung des Aufstellungsplatzes, des Verdampfungsgefässes etc. erleidet. Man wird Untersuchungen, wie sie Marcet[1]) nach einer Richtung begonnen, mit dem eben beschriebenen Atmometer in gewünschter Schärfe nach vielen anderen Richtungen hin ausdehnen können, indem man z. B. zwei Atmometer gleichzeitig benützend, das eine der Sonne, das andere dem Schatten, das eine dem Winde, das andere vor Luftströmungen geschützt, das eine einem stärkeren, das andere einem schwächeren Luftdrucke aussetzt, das eine mit, das andere ohne Beschirmung, das eine im Freien, das andere im Zimmer aufstellt. Auf diese Weise wird man durch willkürliches Hervorrufen jener Veränderungen den

---

1) Marcet (Poggendorff's Annalen. Ergänzungsband 4. pag. 345) stellte eine Reihe von Versuchen an, um die Umstände zu erfahren, welche die Verdampfung von Flüssigkeiten, namentlich die des Wassers, abändern können, und erhielt hierbei unter andern folgende Resultate: 1. Eine Flüssigkeit im offenen Gefässe der freien Luft ausgesetzt ist immer kälter als die umgebende Luft. 2. Unter sonst gleichen Umständen hängt die Verdunstung einer Flüssigkeit ab von der Natur des Gefässes, in dem sie enthalten ist. Wasser verdunstet aus gefirnissten Porcellangefässen schneller als aus Glas- oder Metallgefässen. 3. Die Natur des Gefässes ist auf die Temperatur der Flüssigkeiten von Einfluss. 4. Sind die Oberflächen der Flüssigkeiten identisch und auch die sonstigen Umstände dieselben, so scheint die Masse oder Tiefe der Flüssigkeit auf die Verdunstung beschleunigend einzuwirken. 5. Seewasser verdampft minder rasch als süsses Wasser. 6. Mit Sand gemischtes Wasser, selbst wenn dasselbe den Sand um mehrere Millimeter übersteigt, verdampft an offener Luft rascher, als eine gleiche Wasserfläche ohne Sand.

Einfluss jedes einzelnen der beim Gesammtresultate zusammenwirkenden Factoren und dessen Antheil an dem Gesammtresultate vielleicht in kürzerer Zeit zu erforschen im Stande sein, als dies bei regelmässigen, allgemein gehaltenen Beobachtungen der Fall ist, wo das stete und wechselnde Ineinandergreifen sämmtlicher einwirkenden Faktoren einen raschen Gesammteinblick und eine Sonderung von deren Einzelnwirkungen nicht sogleich gestattet, sondern erst nach einer langen Reihe von Beobachtungen ermöglicht.

Der Zweck, welchen wir jedoch zunächst verfolgen, ist, die Aufnahme von Verdunstungsbeobachtungen in die Reihe der regelmässigen meteorologischen Beobachtungen zu veranlassen und gleichzeitig eine Vergleichbarkeit derselben anzubahnen, da es aus bereits Eingangs angeführten Gründen in klimatologischer Beziehung wünschenswerth erscheint, dass sich möglichst viele meteorologische Beobachtungsstationen mit ähnlichen Beobachtungen befassen mögen.

Dieser Zweck, insbesondere die Vergleichung gleichzeitiger Beobachtungen, kann jedoch nur dann mit Erfolg erzielt werden, wenn, wie auch Cornelius[1]) mit Recht darauf hinweist, durch constante Anwendung derselben Methode und durch Berücksichtigung bestimmter Vorsichtsmaassregeln eine Einheit in das gesammte Beobachtungsverfahren gebracht wird, da nur auf diese Weise divergirende Resultate vermieden und vergleichbare Beobachtungen erzielt werden können.

Es erscheint daher zur Erzielung dieser wünschenswerthen Einheit in den Verdunstungsbeobachtungen vor Allem nothwendig, die allgemein bei meteorologischen Beobachtungen angewandten Vorsichtsmaassregeln auch auf diese anzuwenden, um auf diese Weise das Atmometer unter möglichst analoge Verhältnisse mit den anderen meteorologischen Beobachtungen zu versetzen.

Vor Allem ist somit, gleich wie für Thermometer und Psychrometer, für das Atmometer ein Standort zu wählen, welcher directe und reflectirte Sonnenstrahlen, directen Windanfall und Benetzung durch Regen ausschliesst.

Die erste Bedingung wird durch Aufstellung des Atmometers nach Norden erreicht, die übrigen Bedingungen erfüllt eine zweck-

1) C. L. Cornelius, Meteorologie. Halle 1863. pag. 240, 241.

mässig eingerichtete Blechbeschirmung [1]), welche entsprechend gross und hoch, den freien Luftzutritt in keinerlei Weise behindernd, keine stagnirende Luftsäule über dem Atmometer erzeugt und dennoch directen Windanfall und Benetzung durch Regen unmöglich macht.

Den Verdunstungsmesser, wie dies von manchen Beobachtern befolgt wird, directen Luftströmungen auszusetzen, erscheint nur in dem einzigen Falle als zulässig, wenn derselbe unter analoge Bedingungen mit der Windfahne, d. h. an einem, allen Windrichtungen gleichmässig zugänglichen Orte aufgestellt werden kann. Jede andere, diese Bedingung nicht erfüllende Aufstellung (als: an der Fensterbrüstung, längs einer Mauer u. dergl.) wird aber bei directem Luftzutritt durch theilweises Abdämmen bestimmter Luftströmungen nothwendigerweise zu sehr irrthümlichen Resultaten führen, da in diesem Falle die verdunstende Wasserfläche je nach der Oertlichkeit von einem Theile der Luftströmungen direct, von dem anderen Theile hingegen gar nicht bestrichen wird, mithin für bestimmte, direct zuströmende Windrichtungen unverhältnissmässig hohe, für die abgedämmten Windrichtungen hingegen allzu geringe Verdunstungswerthe erhalten werden.

Wenngleich gegen die von mir befürwortete Aufstellung des Atmometers unter eine Beschirmung eingewendet werden kann, dass hierdurch abweichende Verhältnisse von den in der Natur vorkommenden geschaffen werden, so glaube ich überdies zur Entkräftigung dieses Einwandes mit Recht darauf hinweisen zu können, dass bei dem üblichen meteorologischen Beobachtungsverfahren Thermometer und Psychrometer auch ihren natürlichen Verhältnissen entrückt sind, dass aber gerade hierdurch, durch die Entziehung von störenden und nicht leicht nachweisbaren Zufälligkeiten wenigstens eine positive Grundlage geschaffen wird, welche als Maassstab zur Beurtheilung der erhaltenen Verdunstungsresultate erheblich in Betracht kommt.

Obwohl nun durch die eben beschriebene Aufstellung eine der Hauptbedingungen erfüllt wird, um brauchbare und gleichmässige Resultate zu gewinnen, so gilt es zur Erzielung vollkommener Einheit auch noch Uebereinstimmung in den Beobachtungszeiten, überhaupt in dem ganzen Beobachtungsverfahren einzuleiten.

Um der Erfüllung dieses Zweckes möglichst nahe zu kommen,

---

1) In der Mitte des Schirmes ist zur Beleuchtung der als Einstellung dienenden Nadelspitze und Quecksilberfläche ein kleines Glasfenster anzubringen.



und gleichzeitig eine vielseitigere Ausbeutung der Verdunstungsresultate zu gestatten, glaube ich die Berücksichtigung der von mir angewandten, aus einer längeren Erfahrung hervorgegangenen Methode, als bereits bewährt, in so lange anempfehlen zu können, bis dieselbe durch eine bessere ersetzt werden wird.

Dieselbe lässt sich dem Gesagten zu Folge, unter Hinweisung auf die bereits im Verlaufe dieser Abhandlung erfolgte Begründung mehrerer eingeschlagener Maassregeln, in folgenden Sätzen formuliren:

1. Das Atmometer ist wo möglich unter, mit den anderen in Gebrauch stehenden meteorologischen Instrumenten ganz analogen Verhältnissen, also in der Richtung nach Norden, unter eine, den freien Luftzutritt allenthalben gestattende, directen Windanfall, Regen, directe und reflectirte Sonnenstrahlen abhaltende Beschirmung aufzustellen. Sollten Localursachen die Aufstellung gegen Norden nicht gestatten, so ist dies mit Angabe der Weltgegend ausdrücklich zu bemerken. Desgleichen sind

2. Alle auf die Aufstellung Bezug habenden Momente, als: Seehöhe, Entfernung vom Boden, Standort, Umgebung, Art der Beschirmung, ferner die Beschaffenheit und Dimensionen des Atmometers als Maassstab zur gerechten Würdigung der mitgetheilten Beobachtungen stets anzuführen.

3. Man wird gut thun, gleichzeitig mit dem Atmometer unter dieselbe Beschirmung auch ein Psychrometer zu stellen, um etwa Controluntersuchungen über die Con- und Divergenz beider Instrumente veranstalten zu können.

4. Das Atmometer ist nicht mit gewöhnlichem Brunnenwasser, sondern mit destillirtem Wasser (wo dies nicht beschafft werden kann, wenigstens mit Regenwasser) zu füllen, da, wie bereits bemerkt, das specifische Gewicht der Flüssigkeit auf die Schnelligkeit der Verdunstung nicht ohne Einfluss ist.

5. Der Evaporator ist stets bis an den äussersten Rand mit Wasser zu füllen und der Wasserverlust wo möglich nach jeder Beobachtung durch Nachfüllen zu ergänzen, da einerseits, wie bereits erwähnt, die Tiefe der evaporirenden Flüssigkeit auf die Verdunstung nicht ohne Einfluss ist, andrerseits bei unvollkommener Füllung des Evaporators der frei aufstehende, die Evaporationsfläche überragende Rand desselben eine Veränderung der bestehenden Verhältnisse hervorruft; und zwar wird die Verdunstung um so geringer, je tiefer das Niveau

der Evaporationsfläche unter dem Niveau des Gefässrandes steht. Es ist dieser Umstand von grosser Wichtigkeit. Welch' beträchtliche Differenzen, und demnach bedeutende Unrichtigkeiten durch Ausserachtlassung desselben entstehen können, zeigen folgende, in dieser Richtung angestellte Versuche, bei welchen die vorerwähnten, bereits auf ihre Uebereinstimmmnng geprüften und in den Resultaten bis in die zweite Decimale übereinstimmend gefundenen, unter sonst gleichen Verhältnissen, neben einander aufgestellten Atmometer (siehe pag. 122) derart mit destillirtem Wasser gefüllt wurden, dass die evaporirende Wasserfläche beim Atmometer I bis an den Gefässrand reichte, bei Atmometer II hingegen für die ersten 10 Beobachtungen 0,5 Cent., für die übrigen 6 hingegen 1,0 Cent. von dem Gefässrande abstand. Der sehr verschiedenartige Einfluss dieser Anordnung auf die Lebhaftigkeit der Verdunstung wird aus nachfolgenden, bereits auf die Evaporationsfläche reducirten Zahlen ersichtlich:

Anzahl der Beobachtungen.	Verdunstungshöhe in Millimetern.		Differenz.
	Atmometer I. Wasserfläche bis an den Gefässrand reichend.	Atmometer II. Wasserfläche 0,5 Cent. vom Gefässrande entfernt.	
1	0,1650 Mm.	0,1025 Mm.	— 0,0625 Mm.
2	0,2875	0,2050	— 0,0825
3	0,2875	0,2025	— 0,0850
4	0,3000	0,1975	— 0,1025
5	0,7500	0,5950	— 0,1550
6	0,9575	0,7625	— 0,2050
7	1,0400	0,8000	— 0,2400
8	1,0800	0,9100	— 0,1700
9	1,4175	1,2100	— 0,2075
10	1,5200	1,2700	— 0,2509
		Wasserfläche 1,0 Cent. vom Gefässrande entfernt.	
11	0,1900	0,0950	— 0,0950
12	0,2525	0,1250	— 0,1275
13	0,3575	0,2375	— 0,1250
14	0,9700	0,5700	— 0,4000
15	1,0675	0,8325	— 0,2350
16	1,0700	0,7500	— 0,3200

6. Alle bei Beschreibung des Atmometers angegebenen Vorsichtsmaassregeln sind genau zu befolgen, insbesondere darf das Abwarten der durch Ablaufen der Sanduhr zwischen Einstellung und Ablesung vorgezeichneten Zeit, als die Genauigkeit wesentlich befördernd, nicht ausser Acht gelassen werden, da nur auf diese Weise im Evaporator identische Verhältnisse in der Einstellung vor und nach der Verdunstung hergestellt werden.

7. Die Verdunstungsbeobachtungen sind mindestens alle 24 Stunden abzulesen. Es kann jedoch nur wünschenswerth erscheinen, wenn zwei-, dreimal, ja noch öfter im Tage eine Ablesung vorgenommen wird. Wenn binnen 24 Stunden zweimal beobachtet werden soll, so sind die Beobachtungen entweder in gleichmässigen Zwischenräumen, alle 12 Stunden (um 20^h und 8^h, oder um 21^h und 9^h) oder mit Sonnenauf- und Untergang anzustellen. Wird drei- oder mehrmal im Tage beobachtet, so ist es zweckmässig, gleichmässige Intervalle zwischen den Beobachtungszeiten verstreichen zu lassen, demnach die Beobachtungen nach je 6 oder 8 Stunden vorzunehmen (z. B. um $18^h + 2^h + 10^h$ oder um $18^h + 24^h + 6^h + 12^h$).

Die Schärfe des Atmometers erlaubt es, stündliche Beobachtungen mit demselben vorzunehmen, ja selbst in noch kürzeren Zeiträumen zu beobachten. Stündliche Beobachtungen, wie ich deren eine längere Beobachtungsreihe demnächst zu veröffentlichen gedenke, gewähren einen sehr lehrreichen Einblick in den täglichen Gang der Verdunstung und in den Antheil, welcher jedem einzelnen auf dieselbe einwirkenden Factor an der Schnelligkeit der Verdunstung zukommt.

8. Um die Menge der binnen einer gewissen Zeit an einem bestimmten Orte stattgehabten Verdunstung bestimmen zu können, genügt es wohl, die Verdunstungsbeobachtungen allein, und an und für sich anzustellen. Um aber in den Stand gesetzt zu werden, die bedingenden Ursachen zu ergründen und vielseitigere Resultate aus den Beobachtungen zu gewinnen, ist es, insbesondere wenn mehrmals im Tage oder gar stündlich beobachtet wird, nothwendig, gleichzeitig mit denselben auch Temperatur-, Feuchtigkeits- und Luftströmungs-Beobachtungen anzustellen. Hauptsächlich soll nicht unterlassen werden, die Windstärke unter die Beobachtungen aufzunehmen, da dieselbe nachweisbar nächst der Temperatur den grössten Einfluss auf die Verdunstung ausübt. Desgleichen ist die Hinzufügung von Bemerkungen

über die Bewölkung, Zeit und Dauer der Niederschläge etc., als zur Erklärung so mancher sonst dunkel bleibender Verhältnisse, über die Ursachen der schneller oder langsamer vor sich gehenden Verdunstung wesentlich beitragend, nicht auszuschliessen. Die gewöhnlichen, täglichen, zufälligen und periodischen Schwankungen des Luftdruckes sind bei Verdunstungsbeobachtungen, wenn der Beobachtungsort nicht (etwa durch seine bedeutende Seehöhe etc.) sehr abnorme Luftdrucksverhältnisse darbietet, von sehr untergeordneter und wohl kaum nachweisbarer Bedeutung, daher von secundärem Interesse.

Einige Notizen über die Anwendung von Reflexionsprismen zu gebrochenen Fernröhren, sowie über die Theilungsfehler der Kreise etc., von Lamont.

Herr Prof. Lamont hat seiner in den Sitzungsberichten der bayer. Academie, 1865, I. Heft, veröffentlichten Abhandlung: „Astronomische Bestimmung der Lage des bayerischen Dreiecksnetzes auf dem Erdsphäroid" einige interessante Bemerkungen beigefügt, welche in das Gebiet unserer Zeitschrift gehören und die wir deshalb hier folgen lassen.

1. Ueber die Anwendung von Reflexionsprismen zu gebrochenen Fernröhren.

Ich zweifle, ob der Umstand, dass Reflexionsprismen einen bedeutenden Lichtverlust verursachen und die optische Kraft des Fernrohres vermindern, bisher genugsam beobachtet worden ist. Zunächst wurde meine Aufmerksamkeit hierauf gelenkt bei Gelegenheit der Umgestaltung des Mittagsrohres der Sternwarte, dem ich mittelst eines grossen Reflexionsprismas von Merz die Einrichtung gab, dass, wie bei den gebrochenen Fernröhren tragbarer Instrumente, die Beobachtung durch die Axe geschieht. Die Folge war, dass, während früher das Mittagsrohr Sterne zeigte, die mit dem Meridiankreise nicht beobachtet werden konnten, nach der Umgestaltung der Meridiankreis eine ungleich grössere optische Kraft besass. Dies veranlasste mich, eine Vorrichtung herzustellen, um den von Prismen verursachten Lichtverlust zu messen, und die damit angestellten Versuche ergeben, dass Prismen, wie sie bei den Universal-Instrumenten angewendet werden, $^1/_4$, grosse Prismen aber nahe $^3/_{10}$ des Lichtes absorbiren, wobei übrigens viel von der Farblosigkeit der Glasmasse abhängt. Die Vollkommenheit der Reflexion wird auch in sehr grossem Maasse durch

die Reinheit der reflectirenden Fläche bedingt, und da sehr bald bei jedem Prisma, welches in stark abwechselnder Temperatur gebraucht wird, ein leichter Niederschlag auf der reflectirenden Fläche entsteht, so wird auch dadurch die optische Kraft des Fernrohres vermindert. Letzteren Uebelstand wird man ohne Zweifel dadurch verhindern können, dass man hinter der reflectirenden Fläche das Prisma und in einem Abstande von etwa $^1/_2$ Linie eine Glasplatte anbringt, und ringsherum den Zutritt der Luft in den Zwischenraum durch Klebwachs verhindert.

2. Ueber die Theilungsfehler der Kreise.

... Ehe die vorhergehenden Breitenbestimmungen benützt werden, hat man für die Biegung und die Theilungsfehler des Kreises die erforderlichen Correctionen anzubringen. Hinsichtlich der Biegung glaube ich den genügenden Nachweis gegeben zu haben [1]), dass sie durch die Reichenbach'sche Balancirung beseitiget wird: und hiermit stimmen auch alle anderwärts mit Reichenbach'schen Kreisen ausgeführten Untersuchungen überein.

Die Kreistheilung habe ich zuerst mit kleinen Mikroskopen, wie sie an der Königsberger Sternwarte angewendet worden sind, zu bestimmen gesucht, bin jedoch nur zu dem Resultate gekommen, dass die Theilungsfehler zu klein sind, um mit solchen Hilfsmitteln genau ermittelt zu werden. Später wandte ich grosse Mikroskope an, und fand, dass die Intervalle allmählig grösser und dann wieder kleiner werden (was durch eine Reihe von Sinussen und Cosinussen ziemlich gut dargestellt werden könnte), nebenbei aber nicht unbeträchtliche Fehler einzelner Striche vorkommen, die keinem Gesetze folgen. Es ist klar, dass unter solchen Verhältnissen die Bestimmung der wegen der Theilungsfehler anzubringenden Correctionen grosse Schwierigkeit hat.

Glücklicherweise kann man indessen bei Bestimmung der geographischen Breite die Theilungsfehler durch die Beobachtungsmethode selbst eliminiren, wenn man hierfür die geeigneten Sterne wählt, und wenn die Ablesung mit vier Verniers geschieht [2]), wie dies an den

1) Observationes Astronomicae. Vol. IX. pag. VII.

2) Reichenbach, dem ohne Zweifel der wichtige Umstand, dass eine Mikroskop-Ablesung den ganzen Fehler eines Theilstriches, eine Vernier-Ablesung aber eigentlich nur den mittleren Fehler mehrerer Theilstriche enthält, nicht ent-

Reichenbach'schen Meridiankreisen der Fall ist. Da ich nicht weiss, ob dieser Umstand bisher benützt oder beachtet worden ist, so will ich hier eine kurze Nachweisung darüber geben.

Drückt man den Fehler $f(\varphi)$ des Theilstriches φ durch die Interpolationsreihe

$$\begin{aligned} f(\varphi) = & \; a_1 \sin\varphi + a_2 \sin 2\varphi + a_3 \sin 3\varphi + a_4 \sin 4\varphi + \ldots \\ & + b_1 \cos\varphi + b_2 \cos 2\varphi + b_3 \cos 3\varphi + b_4 \cos 4\varphi + \ldots \end{aligned}$$

aus, und bezeichnet man mit $F(\varphi)$ den Fehler des Winkels φ bei Anwendung von vier Verniers, d. h. setzt man:

$$\frac{1}{4}[f(\varphi) + f(90+\varphi) + f(180+\varphi) + f(270+\varphi)] = F(\varphi),$$

so hat man

$$\begin{aligned} F(\varphi) = & \; a_4 \sin 4\varphi + a_8 \sin 8\varphi + \ldots \\ & + b_4 \cos 4\varphi + b_8 \cos 8\varphi + \ldots \end{aligned}$$

Wird demnach die Zenithdistanz φ eines Sternes und nach Umlegung des Kreises die Zenithdistanz $360 - \varphi$ beobachtet, und daraus die einfache Zenithdistanz abgeleitet, so ist der Fehler des erhaltenen Resultates

$$\begin{aligned} & = \frac{1}{2}(F(\varphi) - F(360^0 - \varphi)) \\ & = a_4 \sin 4\varphi + a_8 \sin 8\varphi + \ldots \end{aligned}$$

und dieser Fehler wird $= 0$, wenn die Zenithdistanz $= 45^0$ ist und kommt diesem Grenzwerthe um so näher, je weniger die Zenithdistanz von 45^0 abweicht. Für den Meridiankreis der hiesigen Sternwarte z. B. finde ich nach approximativer Elimination der unregelmässigen Theilungsfehler der einzelnen Striche folgende Correctionen der absoluten Zenithdistanz:

	°	′		″
Zenithdistanz	40	0	Correction	— 0,12
„	42	30	„	— 0,04
„	45	0	„	— 0,00

und da der Polarstern in dieses Intervall hineinfällt, so darf man den Einfluss der Theilungsfehler bei der obigen Bestimmung der geographischen Breite als aufgehoben betrachten.

Dies gilt zunächst nur von den Bestimmungen, welche durch

---

gangen sein wird, hat sich der Substitution der Mikroskop-Ablesung anstatt der Verniers stets entschieden widersetzt, und auch seine Nachfolger haben spät erst zur Anwendung von Mikroskopen sich entschlossen.

Umlegung des Meridiankreises erhalten werden; es ist aber leicht einzusehen, dass man bei Reflexionsbeobachtungen zu einem ganz analogen Resultate gelangt.

... Nachdem ich gefunden hatte, dass der Meridiankreis der Sternwarte so beträchtliche Theilungsfehler hat, und mit Recht annehmen konnte, dass bei den kleineren Kreisen die Fehler noch beträchtlicher sein werden, so musste ich besonders darauf bedacht sein, den Einfluss derselben unschädlich zu machen. Entweder muss man zu diesem Zwecke die Fehler bestimmen, und in Rechnung bringen, oder man muss die Beobachtungsweise so einrichten, dass die Fehler eliminirt werden.

Nur den letzteren Weg betrachte ich als practisch, und zwar muss die Elimination dadurch geschehen, dass man denselben Winkel an verschiedenen Theilen des Umkreises misst. So lange man glaubte, dass der Theilungsfehler durch eine aus wenigen Gliedern bestehende Reihe von Sinussen und Cosinussen hinreichend genau ausgedrückt werden könne, hielt man die gewöhnliche Repetition für unvortheilhaft und zeigte theoretisch, dass, wenn man den einfachen Winkel, von bestimmten Puncten des Umkreises ausgehend, misst, die Elimination bis zu jeder beliebigen Grenze bewerkstelligt werden könne; fasst man dagegen die zufälligen Theilungsfehler und den grossen Einfluss derselben bei Anwendung von Mikroskopen ins Auge, so erscheint die Repetition als die einzig richtige Beobachtungsmethode.

3. Beleuchtung der Miren.

Welchen Einfluss die Beleuchtung der terrestrischen Miren auf die Einstellung hat, ist zu allgemein anerkannt, als dass hier eine nähere Auseinandersetzung erforderlich schiene. Den Beweis, dass hierin die Hauptfehlerquelle einer Azimuthalbestimmung zu suchen ist, liefert der Umstand, dass wiederholte Einstellungen auf den Stern fast immer sehr genau übereinstimmen, während die wiederholt gemessenen Winkel zwischen dem Sterne und der terrestrischen Mire beträchtlich von einander abweichen. Den Einfluss der Beleuchtung habe ich dadurch zu beseitigen gesucht, dass ich, soweit dies geschehen konnte, zwei nach entgegengesetzter Richtung gelegene Miren gebrauchte.

Den Signalen ein pyramidenförmiges Dach zu geben, kann ich wegen der Verschiedenheit der Beleuchtung nicht als vortheilhaft

anerkennen, und würde es für zweckmässiger halten, über dem Gerüste eine verticale Tafel in Form eines Dreiecks oder Vierecks anzubringen, welche sich drehen liesse und jedesmal so gestellt werden müsste, dass die Fläche gegen die Beobachtungsstation gerichtet wäre.

4. Abhängigkeit der beobachteten Zenithdistanzen von der Tageszeit.

Ich habe früher bereits[1]) Beobachtungen zusammengestellt, um zu zeigen, dass der Ort des Poles an dem hiesigen Meridiankreise eine jährliche und eine tägliche Periode habe, die ich dem Einflusse der Wärme auf die Libelle zuschrieb; neuere Erfahrungen haben mich aber überzeugt, dass eine andere Erklärung nothwendig ist.

Auf dem Hohenpeissenberg, wo die Unterschiede der Vormittags- und Nachmittags-Beobachtungen sehr auffallend hervortreten, richtete ich besondere Aufmerksamkeit auf die Libelle. Gesetzt, die Libellenblase sei durch die Wärme nach Süden gezogen, und man wendet den Kreis nach der entgegengesetzten Seite, so müsste im ersten Augenblicke die Libellenblase soweit nach Norden stehen, und allmählig durch die Wirkung der Wärme nach Süden sich ziehen. Zahlreiche Versuche in dieser Weise angestellt zeigten aber von einer solchen Wirkung der Wärme keine Spur, vielmehr blieb stets nach dem Umkehren der Stand, den die Libelle in wenigen Secunden erreichte, lange Zeit hindurch vollkommen unverändert. Nach diesen Versuchen kam ich auf die Vermuthung, dass der horizontale Spinnenfaden im Focus des Fernrohres eine Biegung erleide, die bei tieferer Temperatur und feuchterer Luft einen verschiedenen Betrag erreichen könnte.

Eine nähere Betrachtung der Umstände überzeugte mich jedoch, dass der beobachtete Erfolg durch eine solche Voraussetzung sich nicht erklären lasse; ich habe übrigens an der Sternwarte Versuche mit dem Höhenkreise vorgenommen, aus denen hervorging, dass auch im Horizont die Befeuchtung des Spinnenfadens durch Anhauchen oder das Trocknen desselben durch die Annäherung einer heissen Metallplatte keine Aenderung hervorbrachte.

Als Grund der Abhängigkeit der Zenithdistanz von der Tageszeit

---

1) Jahresbericht der k. Sternwarte für 1852. pag. 23.

betrachte ich gegenwärtig die Bewegung der Wärme in verticaler Richtung und die dadurch erzeugte Ablenkung des Lichtes.

Dass ein Stern, während er durch das Feld eines Meridian-Instrumentes geht, nicht auf dem Horizontalfaden bleibt[1]), sondern abwechselnd längere Zeit (5—10—15 Secunden hindurch) bald eine höhere, bald eine tiefere Stellung einnimmt, ist eine jedem Beobachter wohl bekannte Erscheinung. Die Schwankungen können in der Nähe des Horizontes 15″ und in einer Höhe von 45^0 noch 10″ betragen. Ich habe Grund, anzunehmen, dass dieselbe Ursache, welche die schnell vorübergehenden Schwankungen hervorbringt, auch tägliche Schwankungen erzeugt, indem namentlich das Steigen der Temperatur gegen Mittag, und das Fallen derselben gegen Abend entgegengesetzte Wirkungen zur Folge haben muss. Ueber diesen etwas verwickelten Gegenstand sind jedoch noch weitere Untersuchungen anzustellen.

Aehnliche Erscheinungen in horizontalem Sinne habe ich bei mehreren Gelegenheiten wahrgenommen: insbesondere fand ich bei Bestimmung der Richtung des Signals auf dem Haimgarten von Benedictbeuern aus, dass das Signal von Zeit zu Zeit aus der gewöhnlichen Ruhelage nach Westen bis auf 10″ und darüber sich entfernte, einige Zeit in dieser seitlichen Stellung aushielt, und stets wieder auf den eigentlichen Stand zurückkehrte. Der gewöhnliche Erfolg der Luftbewegung besteht übrigens in einem pendelartigen Schwanken beiderseits von der Mittellage.

---

1) Eigentlich hat man zweierlei Erscheinungen zu unterscheiden: einmal zeigt sich der Stern in einer mehr oder weniger ausgedehnten cometenartigen Umhüllung, ein anderes Mal erscheint er scharf begrenzt, aber mit wechselnden Kreisen und Strahlen umgeben. Im ersten Falle bewegt er sich vorwärts in langsamen Schwankungen, welche mit der Bewegung einer Flamme durch einen Luftzug zu vergleichen wären, im zweiten Falle springt der Stern von einem Puncte zum andern, wobei das umgebende falsche Licht schnell im Kreise sich dreht. Nach meiner bisherigen Erfahrung kommt die letztere Erscheinung vorzugsweise in hochgelegenen Gegenden vor, und insbesondere an der Münchener Sternwarte werden dadurch die Meridianbeobachtungen in hohem Maasse gestört, wie man aus den Bemerkungen in dem ersten Bande von Soldner's Beobachtungen genugsam ersehen kann. Mit dem Vorhergehenden verwandt sind die Erscheinungen, welche Hr. General Baeyer an dem Heliotropenlichte beobachtet und in seinem „Generalberichte über die mitteleuropäische Gradmessung pro 1863“ Seite 36 beschrieben hat. (Diese Notizen von Baeyer werden im nächsten Hefte aufgenommen werden. Carl.)

Mittheilungen über die neueren Einrichtungen der Quecksilberluftpumpe.

Die erste Idee der Quecksilberluftpumpe verdanken wir den Mitgliedern der um die Physik hochverdienten Academia del Cimento. Wir finden die Idee derselben im 18. Jahrhundert von den Physikern wieder mehrfach in Angriff genommen; allein eine grössere Verbreitung fand diese Art der Luftpumpe erst in der neuesten Zeit, seitdem der rühmlichst bekannte Geissler in Bonn derselben eine Einrichtung gegeben hat, welche einen Grad der Evacuirung herzustellen gestattet, der mit der besten Kolbenluftpumpe nicht erhalten werden kann.

In den letzten Jahren hat nun aber auch die Geissler'sche Einrichtung mehrfache Abänderungen erfahren, welche wir dem Zwecke unseres Repertoriums gemäss hier zusammenstellen wollen.

Die Poggendorff'sche Einrichtung der Quecksilberluftpumpe.

(Hierzu Tafel XVIII.)

Herr Prof. Poggendorff hat in den Monatsberichten der Berliner Academie, 1865 April, und in seinen Annalen, Bd. CXXV, pag. 151, eine Einrichtung veröffentlicht, bei welcher die Quecksilberluftpumpe mit der gewöhnlichen Luftpumpe in Verbindung gebracht ist; er beschreibt sie selbst folgendermaassen:

„Der Körper des Instrumentes (Taf. XVIII, Fig. 1) besteht wesentlich aus zwei Theilen, nämlich: 1) einer Glasflasche *A* (bei meinem Exemplar etwa 12 Zoll hoch und 6 Zoll im Durchmesser) mit etwas weitem Hals und einer seitlichen Tubulatur, und 2) einem eiförmigen Glasgefäss *B* mit kurzem Hals nach oben, und einem langen nach unten, mit welchem es in den Hals der Flasche eingeschliffen ist und fast bis zum Boden derselben hinabreicht.

Auf die Tubulatur der Flasche *A* ist eine Kappe von Eisen gekittet, versehen mit einem Canal, der nach aussen in einer Dille *i* mündet, und durch einen Hahn *f* luftdicht verschlossen werden kann.

Ebenso ist der obere Hals des eiförmigen Gefässes *B* mit einer eisernen Kappe versehen, deren Canal durch den Hahn *g* verschliessbar ist und zunächst zu dem Fläschchen *d* führt, welches auf seinem Halse die aufgekittete eiserne Dille *k* trägt.

Der letztgenannte Hahn *g* hat einen dreifachen Zweck und eine demgemässe Bohrung.

Steht sein Griff senkrecht mit dem Ende *p* nach unten, so setzt er das Gefäss *B* mit dem Fläschchen *a*, und, sobald die Dille *k* offen ist, mit der äusseren Luft in Verbindung.

Neigt er unter 45°, so schliesst er das Gefäss vollständig ab, und liegt er horizontal, mit dem Ende *p* nach links, so errichtet er eine Communication zwischen diesem Gefäss und einem Seitencanal *l*, an welchen die zu evacuirenden Gegenstände luftdicht angesetzt worden.[1])

Die Verknüpfung dieses Apparates mit der Luftpumpe geschieht durch einen Gummischlauch, der an jedem Ende mit einem hohlen konischen Metallzapfen versehen ist.

Der eine dieser Zapfen wird in das Loch gesteckt, mit welchem der Haupthahn *h* jeder Luftpumpe immer schon versehen ist, um evacuirte Gefässe entweder vom Pumpenkörper absperren oder wieder mit Luft füllen zu können, und der andere Zapfen wird abwechselnd in eine der Dillen *i* und *k* gesteckt.

Soll der Apparat functioniren, so muss zuvörderst die Flasche *A* bis nahe an ihre Tubulatur mit Quecksilber gefüllt werden, wozu bei meinem Exemplar 40 Pfund erforderlich sind; dann muss der Haupthahn *h* der Luftpumpe so gestellt sein, dass der in ihn eingesteckte Gummischlauch mit den Stiefeln communicirt.

Hierauf wird der andere Zapfen des Schlauchs in die Dille *k* gesteckt, der Griff des Hahnes *g* senkrecht, mit *p* nach unten, gestellt und die Pumpe in Bewegung gesetzt.

Zwei Kolbenhübe meiner Pumpe sind hinreichend, um das Quecksilber auf die erforderliche Höhe zu bringen, d. h. nicht allein das Gefäss *B* vollständig zu füllen, sondern auch, was zur sicheren Ver-

1) Dieser Seitencanal *l* ist in der Figur, der Deutlichkeit halber, als rechtwinkelig gegen den Hahn *g* dargestellt; es ist aber besser, denselben in der Verlängerung dieses Hahnes anzubringen, und letzterem eine ähnliche doppelte Bohrung zu geben, wie sie der Hahn *h* der Luftpumpe besitzt. Dadurch wird verhütet, dass Quecksilber in den Canal *l* komme.



drängung aller Luft nothwendig ist, noch durch den Hahn *g* in das darüber befindliche Fläschchen *d* zu treiben.

Nachdem dieses geschehen, wird der Hahn *g*, mit *p* nach links, unter 45° gestellt, also das Gefäss *B* verschlossen, der Zapfen des Schlauchs zur oberen Dille *k* herausgezogen, in die untere *i* eingesetzt und mit dem Pumpen wieder begonnen.

Vier Kolbenhübe meiner Pumpe reichen aus, um das Gefäss *B*, trotz seiner ansehnlichen Grösse, wieder vom Quecksilber zu leeren, und somit darin ein Vacuum herzustellen, wie es ohne Auskochen des Quecksilbers nicht vollkommener zu erhalten ist.

Um nun dieses Vacuum seinem Zwecke gemäss zu benutzen, wird der Griff des oberen Hahnes *g* horizontal gedreht, mit dem Ende *p* nach links, wodurch der Seitencanal *l* und die damit verknüpften Röhren oder sonstige Hohlkörper mit dem luftleeren Gefäss *B* in Communication treten.

Sicherheits halber kann man vorher die Flasche *A* durch den Hahn *f* abschliessen, wiewohl es nicht nöthig, so lange die Verbindung mit der Pumpe unterhalten bleibt. Auch ist nach vollzogener Evacuation das Gefäss *B* wiederum durch Drehung des Hahnes *g* zu verschliessen.

Dies ist im Allgemeinen der Gang der Operation des Evacuirens, die natürlich so oft als nöthig wiederholt werden muss.

Sie erfordert, wie man sieht, keinen grossen Kraftaufwand und ist auch mit keiner Gefahr verknüpft, zumal der Apparat in ein starkes Holzgefäss *C* von solcher Grösse gestellt ist, dass es in dem kaum denkbaren Falle eines Unglücks die ganze Quecksilbermasse aufzunehmen vermag.

Jede Wiederholung der Operation beginnt übrigens damit, dass man die Flasche *A* von der Pumpe trennt und durch vorsichtige Drehung des Hahnes *f* das Quecksilber langsam in das Gefäss *B* emporsteigen lässt. Bei der geringen Capacität, welche meistens die evacuirten Hohlkörper besitzen, füllt sich dasselbe wiederum grösstentheils von selbst, so dass man, nach Oeffnung des Hahnes *g*, nur wenig Luft zur oberen Dille herauszuziehen braucht.

Es versteht sich wohl von selbst, dass dieser Apparat, wenn er sorgfältig ausgeführt worden ist, dasselbe leisten muss wie die Geissler'sche Pumpe, da er ja nur durch die Methode des Exantlirens von derselben abweicht.

Von den vorläufigen Versuchen, welche ich mit demselben angestellt habe, will ich hier nur eines erwähnen, welcher geeignet ist, die Meinung zu widerlegen, als könne man mittelst der Quecksilberpumpe ein absolutes Vacuum herstellen. Ich habe nämlich versucht, ob das Verdünnungsgefäss *B*, nachdem es vom Quecksilber geleert worden, einen elektrischen Strom durchlasse. Und das ist wirklich der Fall. Verbindet man die eisernen Kappen des Apparats mit den Polen des Inductoriums, nachdem man durch den Hahn *f* einen Eisendraht in das Quecksilber der Flasche *A* gesteckt hat, so erhält man die bekannte Lichterscheinung auf's Schönste ausgebildet.

Zunächst dient der beschriebene Apparat, wie gesagt, nur zum Evacuiren von kleinen Hohlkörpern, die direct mit dem Seitenkanal *l* verknüpft werden. Er lässt sich indess auch zum Auspumpen grösserer Gefässe benutzen, z. B. zum Auspumpen von Glocken, die einen Teller erfordern.

Dies wird erreicht, indem man den eben erwähnten Seitenkanal *l* durch ein biegsames Metallrohr mit der Luftpumpe in Verbindung setzt, und zwar mittelst des Hahnes *m*, der bei der Pistor'schen Pumpe zu der Hawksbee'schen Barometerprobe führt und zu diesem Zwecke mit einer zweiten Bohrung, ähnlich der im Haupthahn *h*, versehen werden muss.

Stellt man nun den Haupthahn *h* zuvörderst so, dass eine Communication zwischen den Pumpenstiefeln und der auf den Teller gesetzten Glocke errichtet ist, so kann man diese erstlich so weit evacuiren als es die Pumpe gestattet; und wenn man darauf den Haupthahn um einen rechten Winkel zurückdreht und durch den Gummischlauch mit dem Quecksilber-Apparat verknüpft, ist man durch die vorhin beschriebenen Operationen im Stande, das Evacuiren fortzusetzen und ein vollkommneres Vacuum herzustellen.

Es verlangt dies aber, wie natürlich, eine völlige Luftdichtheit aller Verbindungen, und wird auch dann noch ein langwieriges Geschäft bleiben, wenn das Volum der zu evacuirenden Glocke etwas beträchtlich ist gegen das des Verdünnungsgefässes *B* der Quecksilberpumpe.

M. A. Morren's Quecksilberluftpumpe.

(Annales de Chimie et de Physique. Mars 1865.)

(Hierzu Tafel XVIII Fig. 3.)

Die Luftpumpe besteht fast ganz aus Glas mit Ausnahme der Hähne *A* und *P* und der Hülse *M*, welche aus Eisen verfertigt sind. Man könnte leicht auch diese drei Theile, wenn es erforderlich sein sollte, aus Glas construiren und dabei die Hülse *M* ganz wegschaffen. Doch ich will die Luftpumpe beschreiben, so wie ich sie anwende (Taf. XVIII, Fig. 3). Wenn man die Figur betrachtet, so wird man den Mechanismus leicht verstehen. Da der Hahn *A* der wesentlichste Theil des Apparates, gleichsam die Seele desselben ist, so will ich mit diesem beginnen. Er kann nicht mit zu grosser Sorgfalt angefertigt und eingeschliffen werden; der Schlüssel soll lang und hinlänglich stark sein, die Bohrungen dagegen, die durch ihn hindurchgehen, sollen nur einen kleinen Durchmesser haben, damit der Verschluss nichts zu wünschen übrig lässt. Die eine Bohrung ist ganz der bei den gewöhnlichen Hähnen ähnlich, sie geht diametral durch den conischen Zapfen hindurch. Die zweite Bohrung beginnt in gleichem Abstande von den beiden Mündungen der ersten Bohrung, sie verläuft gegen den engeren Theil und das Ende des Schlüssels hin, wo sie ausmündet, wie dies bei *mn* die Figur zeigt, die den Schlüssel des Hahnes etwas vergrössert darstellt; diese Bohrung mündet nach aussen parallel zur Axe des Schlüssels aus. Der Hahn *A* ist sorgfältig und so dass ein vollständiger Verschluss statthat, auf die eiserne Hülse *M* aufgeschraubt, die selbst wieder auf den Hals eines gläsernen Reservoirs von etwa $1^1/_2$ Liter aufgekittet ist. Dieses Reservoir steht mit einer Glasröhre von etwa 84 bis 85 Centimeter Länge in Verbindung, deren Ende mittelst eines Kautschuckschlauches mit der Hülse *K* eines Dreiweghahnes *P* verbunden ist. Dieser Hahn ermöglicht eine Verbindung herzustellen sowohl zwischen der seitlichen Röhre *LH* und der Röhre *KG*, als auch zwischen der einen oder anderen dieser beiden Röhren mit der äusseren Luft bei *S*. Die Röhre *HL* trägt an ihrem unteren Ende einen festen Kautschuckschlauch, der mit der seitlichen Bohrung des Hahnes *P* verbunden ist. Das Rohr *LH* geht an seinem oberen Ende durch einen Pfropfen, welcher den tubulirten Ballon *H* von etwa zwei Liter Inhalt gut schliesst. Der seitliche Tubulus *T* des Ballons ist nicht sichtbar, da der Ballon auf den höchsten Punct seines Weges durch

eine Bewegung gehoben ist, von der wir bald sprechen werden. Man sieht übrigens diesen Tubulus T in der nebenanstehenden Figur, wo der Ballon H' in einer anderen Ebene liegend dargestellt ist.

Die Röhren und der tubulirte Ballon H sind auf einer Holzleiste befestigt, die mittelst eines Charniers bei ON mit dem Hauptbrette, welches das ganze Instrument trägt, fest verbunden ist. Das letztere Brett ist selbst wieder mittelst der Schrauben R an der Seite eines Tisches im Laboratorium oder an einem hölzernen Querbalken befestigt, der in die Mauer eingelassen ist.

Mittelst der Leiste, welche die Röhre LH trägt, kann das Reservoir H nun so gestellt werden, dass es den höchstmöglichen Punct einnimmt (ich nenne dies die verticale Stellung); es kann ferner das Reservoir in die Lage H' gebracht werden, indem man es auf eine Unterlage Z herablässt, welche sich in gleicher Höhe mit dem Hahne P auf der Seite befindet (ich nenne dies die horizontale Stellung). In der Figur sieht man die Holzleiste, welche die Röhre LH trägt, nur durch punctirte Linien angezeigt, was übrigens zum Verständniss hinreichen wird. Der Tubulus T wird durch einen Pfropfen geschlossen, der mit einer gekrümmten Capillarröhre versehen ist.

Wir wollen nun zum Hahne A zurückkommen, um die Theile kennen zu lernen, die sich über ihm befinden. Am Ende der Büchse, welche den Schlüssel enthält, befindet sich eine bajonnetförmig gebogene Hülse, welche ein kleines Glasgefäss c trägt, das an seinem oberen Ende durch einen Pfropfen und eine umgebogene Capillarröhre geschlossen ist. Ueber dem Hahne befindet sich noch eine Röhre a, die gleichfalls umgebogen und an eine weite, an beiden Enden geschlossene, horizontale Röhre entweder angeschmolzen oder mittelst Kautschuck gut befestigt wird. Die Röhre B besitzt nun an ihrem oberen Theile drei angeschmolzene Röhrchen. Das eine bei C ist so umgebogen, dass es als Quecksilbermanometer dienen kann; das andere b ist nach rückwärts gebogen und steht mit einem Schwefelsäuremanometer in Verbindung, welches dazu dient, sofort den Grad des leeren Raumes zu ermitteln und eine vollständige Austrocknung des Gases zu bewerkstelligen; das dritte Röhrchen E endlich ist mit einem Glashahne F versehen, der an das Röhrchen angeschmolzen ist und an dem man die Ballons und Röhren anbringt, welche evacuirt werden sollen.

Das sehr einfache Spiel der Luftpumpe ist nun folgendes. Man stelle die Röhre LH horizontal, fülle bei H' hinlänglich Quecksilber

ein, so dass dieses, wenn die Röhre LH vertical steht, vermöge des Gleichgewichtes der Flüssigkeiten in den communicirenden Gefässen steht, indem es von HL nach KG durch den Hahn P geht. Der Hahn A hat alsdann die Stellung, wie es die Figur A' zeigt, d. h. der Schlüssel steht vertical und die Marke Y ist oben. Das Quecksilber tritt dann in das Gefäss c und man hat genau soviel Quecksilber von Anfang an zu nehmen, dass eine kleine Quantität desselben nach hergestelltem Gleichgewichte in das Gefäss geht und sich in einer Höhe einstellt, welche der Höhe $R'R'$ in der Röhre LH entspricht. Hierauf nimmt man an dem Hahne A eine Viertelsdrehung vor, wodurch alle Verbindungen abgeschlossen werden, und senkt nun das Gefäss H in die horizontale Lage H'. Das Quecksilber sinkt nun nach H' herab und es wird so der Theil G eine weite Barometerleere; man stellt jetzt den Schlüssel des Hahnes A horizontal und die Leere des Gefässes G tritt in Verbindung mit B. Wenn das Quecksilber bei J stationär ist, so dreht man den Hahn A um ein weiteres Viertel und schliesst so wieder Alles ab; man bringt ferner H in die verticale Lage zurück und, um dies leichter zu bewerkstelligen, befestigt man an einem geeigneten Haken die Holzleiste, welche das Reservoir H trägt. Das Quecksilber kommt wieder nach G unter dem Drucke, der bei LH statthat, und wenn jede Bewegung des Quecksilbers aufgehört hat, stellt man den Schlüssel des Hahnes A vertical, indem man die Marke Y nach oben stellt; man sieht dann sogleich das Gas, welches über dem Quecksilber bei G geblieben ist, in das Gefäss c übersteigen, indem es durch die Bohrungen mn des Hahnes A geht. Durch eine geringe Senkung von H lässt man eine ganz geringe Menge Quecksilbers von c nach G übertreten und versichert sich durch Wiederanziehen von H, dass auch die letzte Gasblase verschwunden ist. Sodann dreht man den Hahn A um ein Viertel und beginnt die Operation von Neuem. Hat man dies einige Male wiederholt, so ist der leere Raum vollständig hergestellt.

Man sieht, dass bei diesem Apparate der schädliche Raum sehr klein ist; es ist dies nur der leere Theil der kleinen Bohrung im Hahne, welche durch denselben diametral hindurchgeht. Aus diesem und einigen anderen leicht ersichtlichen Gründen muss die genannte Oeffnung im Schlüssel des Hahnes einen sehr geringen Durchmesser besitzen; sie muss ferner innen gut polirt und ein wenig conisch sein, ferner muss sich dabei die weitere Oeffnung auf der entgegengesetzten

Seite der Marke Y befinden. Diese weitere Oeffnung ist nach unten gerichtet, wenn der Schlüssel vertical steht und Y oben ist. Durch diese Vorsichtsmaassregeln soll verhindert werden, dass kein Quecksilbertropfen in der Bohrung des Hahnes adhärirend bleibt für den Fall, dass man aus Unvorsichtigkeit Quecksilber über den Hahn gebracht hätte. Die Bohrung mn kann ein wenig weiter sein, doch müssen überhaupt die beiden Bohrungen des Hahnes genau mit der Bohrung der verticalen Röhren stimmen, zwischen denen der Hahn liegt. Die untere Bohrung soll übrigens so kurz als möglich sein, und sie ist in der Figur blos zur grösseren Deutlichkeit etwas verlängert dargestellt.

Es wird nun nicht nöthig sein, dass ich weiter von den Kautschuckröhren spreche, welche bei dieser Luftpumpe erforderlich sind. Jedermann weiss, dass man aus feinen Kautschuckstreifen Röhren von verschiedenen Dimensionen, verschiedenem Durchmesser und jeder Stärke so verfertigen kann, dass sie ebensogut einem innern Drucke widerstehen als dem Luftdrucke, wenn in den Röhren ein leerer Raum erzeugt wird.

Wenn man den Grad des erhaltenen leeren Raumes mit grösserer Genauigkeit kennen will, so ist es, wenn man glaubt, dass die Röhre des Manometers an der Luftpumpe zu eng sei, sehr leicht, bei F mittelst einer Glasröhre nicht blos den Ballon oder die Röhre, welche man luftleer machen will, sondern auch noch ein Manometer anzubringen, das einen grösseren Durchmesser besitzt, um jede Capillarwirkung zu vermeiden. Man misst dann mittelst eines Cathetometers die Niveaudifferenzen des Quecksilbers, nachdem man zuvor in geeigneter Weise an das Manometer etwas anklopft, so dass jede Capillarattraction verschwindet und das Quecksilber auf beiden Seiten den gleichen Meniskus erhält.

Ueber eine neue Einrichtung der Quecksilberluftpumpe[1]).

Von

Georg Jolly.

Eine ganze Reihe von Problemen der Experimentalphysik kann erst dann ihrer endgültigen Lösung zugeführt werden, wenn es gelingt,

---

1) Diese Arbeit wurde von dem Herrn Verfasser, einem im ersten Universitätsjahre stehenden Studirenden, kurz vor dessen leider zu früh erfolgtem Tode zum Drucke vorbereitet. Carl.

in einem gegebenen Raume die Luft dergestalt zu verdünnen, dass man ihn ohne wesentlichen Fehler als luftleer betrachten kann. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass in neuerer Zeit verschiedene Physiker darauf bedacht waren, der Quecksilberluftpumpe eine solche Einrichtung zu geben, durch welche dieselbe zur Erreichung des angegebenen Zieles tauglich wird. — Der Gedanke, die Barometerleere als Mittel zur Luftverdünnung anzuwenden, ist so alt wie die Erfindung des Barometers durch Torricelli. Practisch verwerthet wurde er erst, nach einer Menge von mehr oder minder verunglückten Versuchen und Vorschlägen, von Geissler, der zur Verfertigung der bekannten Geissler'schen Röhren eine Quecksilberluftpumpe anwendete. Die Geissler'sche Pumpe, bei der durch abwechselndes Aufrichten und Umlegen einer kugelförmig erweiterten Röhre ein Gefäss gefüllt und wieder geleert wird, leidet an dem Nachtheile, dass sie bei weitem nicht so bequem zu handhaben ist, wie die gewöhnliche Kolbenluftpumpe. Auch die kürzlich von Poggendorff angegebene Construction ist nicht frei von diesem Vorwurfe.

Die im Folgenden beschriebene Luftpumpe ist seit mehreren Monaten hier im physikalischen Kabinete aufgestellt und hat sich bei zahlreichen damit angestellten Versuchen als vollkommen practisch bewährt.

Ein Gefäss A (Taf. XIX, Fig. 1, 2 u. 4) von beiläufig 1 Liter Inhalt steht durch eine Glasröhre B von 80 Centim. Länge und einem sich daran anschliessenden starken Schlauch von vulcanisirtem Kautschuck mit einem zweiten Gefässe C in Verbindung. Dieses Gefäss C, ein in Holz gefasster starker Cylinder von Glas, fasst so viel Quecksilber, als zur Füllung von A und B erforderlich ist. Durch ein Band, das um die Rolle D geschlungen und an der Welle E befestigt ist, kann das zwischen zwei Holzschienen bewegliche Gefäss C bis über das Niveau von A emporgewunden werden. In diesem Falle strömt das Quecksilber, indem es sich in den beiden communicirenden Röhren in's Gleichgewicht zu setzen sucht, von C nach B und A über und fliesst durch den in horizontaler Richtung geöffneten Hahn F in ein darunter stehendes Gläschen ab. Durch eine Drehung des Hahnes um 45° wird derselbe nach allen Richtungen hin geschlossen. Schlägt man nun den Sperrhaken G zurück und lässt man das Gefäss C langsam wieder herab, so leert sich A allmälig. Da nämlich der bei C wirksame Luftdruck nur genügt, einer Quecksilbersäule von 760 Mm. Höhe das

Gleichgewicht zu halten, so sinkt das Quecksilber bis in die Röhre *B* herab. In *A* entsteht ein fast vollkommen luftleerer Raum, den man durch verticale Stellung des Hahnes *F* mit dem auszupumpenden Hohlkörper in Verbindung setzt. Die ganze Operation wird hierauf wiederholt. Zunächst dreht man den Hahn um 45°, so dass *A* abgesperrt ist. Dann wird *C* erhoben, durch den Druck des Quecksilbers die in *A* zurückgebliebene Luft bei geöffnetem Hahne ausgetrieben, der Hahn wieder geschlossen und *C* herabgelassen. Der neuerdings in *A* entstehende luftleere Raum wird zur weiteren Verdünnung der Luft in dem aufgesetzten Hohlkörper verwendet. Ein drei- bis viermaliges Wiederholen dieser Manipulation genügt, um die Luft soweit zu verdünnen, dass an einem frisch ausgekochten, abgekürzten Barometer, welches durch eine eiserne Röhre mit dem entleerten Ballon in Verbindung gebracht ist, eine kaum mehr wahrnehmbare Differenz der Quecksilbersäule zu erkennen ist.

Die Einrichtung ist so einfach, dass ein Blick auf die Zeichnung alles Uebrige erläutert. Fig. 1 und 2 geben zwei zu einander rechtwinklige Ansichten, Fig. 3 gibt die perspectivische Ansicht. Die Bohrungen des Hahnes *F* sind durch Fig. 4 erläutert und endlich ist zu bemerken, dass der Hahn *H* eine T förmige Bohrung besitzt und dazu dient, die Verbindung des Barometers mit der Luftpumpe nach Belieben aufzuheben und in anderen Fällen durch die Röhre *K* Gase eintreten zu lassen. Meist handelt es sich nur um Einführung kleiner Gas-Quantitäten. In diesem Falle wird man es practisch finden, in der Mitte einer engen und dünnen Glasröhre eine kleine Kugel anzublasen und Kugel und Röhre von dem betreffenden Gase durchströmen zu lassen. Ist auf diese Weise die Luft ausgetrieben und die Kugel mit Gas gefüllt, so schmilzt man an beiden Seiten nahe bei der Kugel die Röhre zu. Die Kugel ist so klein zu halten, dass sie in die Röhre *K* eingeschoben werden kann. Man verschliesst *K* durch einen Kautschuckpfropf, der durchbohrt ist und in dessen Bohrung ein Drahtstift passt. Ein Druck nach aufwärts reicht hin, die Kugel zu zertrümmern und hiermit zu bewirken, dass das Gas in den früher entleerten Raum sich ausbreitet.

In Betreff des vulcanisirten Kautschuckschlauches ist zu bemerken, dass derselbe nicht unmittelbar so gebraucht werden kann, wie man ihn käuflich erhält. Er ist in diesem Zustande im Innern mit einem weissen Pulver bedeckt, durch welches rasch eine Verunreinigung des

Quecksilbers eintritt, und diese Verunreinigung hat den nachtheiligen Erfolg, dass das Quecksilber sich nicht mehr dicht an das Glas und an den Hahn anschliesst. Vielfache Proben zeigten, dass diese Uebelstände vollständig beseitigt sind, sobald man den Schlauch im Innern mit einer dünnen Schicht von Asphalt überzieht. Das Quecksilber ist nach halbjährigem Gebrauch spiegelblank geblieben.

Um nur einen Fall der Anwendung der Pumpe anzuführen, sei die Benützung derselben bei Bestimmung des specifischen Gewichtes der Luft und der Gase erwähnt. Eine der grösseren Fehlerquellen liegt darin, dass es Schwierigkeiten hat, den unter Anwendung der Kolbenluftpumpe erreichten Grad der Verdünnung fehlerfrei zu bestimmen. Die Quecksilberluftpumpe lässt eine Verdünnung erreichen, bei welcher der Druck nicht mehr 0,1 Mm. beträgt, der Fehler also unter diesen Werth herabsinkt. Es wurde z. B. mit einem Glaskolben von 539,8286 cc. Inhalt gearbeitet.

Der Inhalt wurde durch Wägungen bestimmt, und die Gewichte wurden auf den leeren Raum reducirt, und ebenso wurde die Reduction auf Null Grad des Wassers und des Gefässes ausgeführt. Die Wägung wurde in Wirklichkeit bei 8,7° C. und 722 Millim. Barometerstand ausgeführt, und das scheinbare Gewicht war zu 539,39338 Gr. gefunden. Reducirt auf den leeren Raum giebt dies 539,9646, und reducirt auf die Temperatur des Wassers von 0° die oben angegebene Zahl 539,8286. Der Ausdehnungs-Coefficient des Glases, der in dieser kleinen Rechnung vorkömmt, ist für 1° C. = 0,0000261.

Die Wägungen geschahen nach der Methode von Regnault, durch welche etwaige Aenderungen in der Temperatur der Wage und des Barometerstandes vollkommen ohne Einfluss bleiben.

Es ergab sich, dass das Gewicht der Luft von 0°, welches der Kolben fasst, bei

724,3	Millim.	Druck	beträgt	0,66471	Gr.
722,0	„	„	„	0,66302	„
728,4	„	„	„	0,66848	„
721,6	„	„	„	0,66250	„

In allen Fällen war die mit der Quecksilberluftpumpe erreichte Verdünnung der Art, dass die Spannung der zurückgebliebenen Luft sicher geringer als 0,1 Millim. war.

Das specifische Gewicht der atm. Luft von 0° und 760 Millim. Druck berechnet sich aus diesen vier Versuchen wie folgt:

$$s = \frac{0,66471 \;.\; 760}{539,8286 \;.\; 724,3} = 0,0012920,$$

$$s = \frac{0,66302 \;.\; 760}{539,8286 \;.\; 722} = 0,0012928,$$

$$s = \frac{0,66848 \;.\; 760}{539,8286 \;.\; 728,4} = 0,0012920,$$

$$s = \frac{0,66250 \;.\; 760}{534,8286 \;.\; 721,6} = 0,0012925.$$

Das Mittel dieser Resultate giebt $s = 0,0012926$.

Diese Zahl ist gültig für einen Ort in der geog. Breite von München und in der Höhe von 500 Meter über der Meeresoberfläche.

In der geog. Breite von 45° ändert sich der Druck einer Quecksilbersäule von 760 Millim. im Verhältniss von $1 : 1 - 0,002837 \cos. 2\lambda$, wo λ die geog. Breite von München oder 48° 10′ bezeichnet. Die Dichtigkeit der Luft in der Breite von 45° und in einer Höhe von 500 Meter über dem Meere, wird also sein

$$= \frac{0,0012926}{1 - 0,002837 \;.\; \cos. 2 \;.\; 48^0\; 10'}.$$

In der Breite von Paris, oder in der Breite von 48° 50′ wird sie sein

$$\pi = \frac{0,0012926\; (1 - 0,002837 \cos 2 \;.\; 48^0\; 50')}{1 - 0,002837 \cos 2 \;.\; 48^0\; 10'}.$$

Berücksichtigt man endlich, dass die Höhe von Paris über der Meeresoberfläche nur 60 Meter beträgt, so hat man für das specifische Gewicht σ der atmosphärischen Luft bei 0° und 760 Millim. Barometerstand in Paris

$$\sigma = \pi \;.\; \left(\frac{R + 500}{R + 60}\right)^2,$$

wo $R = 6366198$ Meter ist.

Durch Einführung der Zahlenwerthe findet man

$$\sigma = 0,0012928,$$

Regnault fand 0,001293187.

Regnault hat die Messungen, ähnlich wie Biot und Arago, mit Ballons von 10 mal grösserer Capacität ausgeführt. Die Resultate werden aber hierdurch nicht exacter, denn die Barometer-Beobachtungen können nur auf $^1/_{10}$ Millim. genau abgelesen werden, die 5te Ziffer oder hier die 7te Stelle nach dem Komma ist also unvermeidlichen Fehlerquellen unterworfen.

Ueber einen neuen Meridiankreis.[1])

Von

C. A. Steinheil.

(Hierzu Tafel XX.)

Es ist auffallend, dass die Declinationsbestimmungen der Fundamental-Sterne noch immer constante Differenzen zeigen, die bis zu 2 Bogensecunden gehen, wenn man die Ergebnisse verschiedener Sternwarten mit einander vergleicht. Da diese Differenzen bestehen, obschon allen Beobachtungen dieselben Reductionselemente zu Grunde gelegt sind, so muss die Ursache darin liegen, dass die Werthe der kleinen Reductionsgrössen a, b, c — die bekannte Reductionsformel ist:

$$t - (\alpha + x) = \frac{a \sin(\varphi - \delta)}{\cos \delta} + \frac{b \,.\, \cos(\varphi - \delta)}{\cos \delta} + c \sec \delta \quad -$$

unrichtig angenommen werden, oder mit anderen Worten, dass diejenigen Correctionen, durch welche die Bewegungen des Instrumentes auf mathematisch richtige gebracht werden sollen, noch behaftet sind mit constanten Fehlern, deren Quellen sich bis jetzt der Erkenntniss und Berücksichtigung entzogen haben.

In der That sind auch Ursachen, die störend wirken müssen, anzugeben, die sich bei dem jetzt üblichen Meridiankreise[2]) nicht entfernen lassen.

Die Hauptursache der Fehler in den Declinationsangaben ist wohl in der Durchbiegung des Fernrohres zu suchen.

Soll daher ein Instrument gebaut werden, welches zu der Hoffnung berechtigt, die constanten Fehler bis auf kleine Theile einer

---

1) Sitzungsbericht der k. b. Academie der Wissenschaften in München. Jahrgang 1864, Band I. pag. 1 ff.

2) Ich meine damit nicht blos den ursprünglich von Bessel angegebenen, von Reichenbach zuerst ausgeführten Kreis, sondern auch die in mancher Beziehung verbesserten Meridiane von Repsold, von Pistor u. A.

Bogensecunde zu entfernen, so muss es die Möglichkeit geben, die Reductionsgrössen bis zu dieser Ordnung sicher vor und nach der Sternbeobachtung, ohne viel Zeitaufwand zu bestimmen, und es muss das Instrument so weit vor Temperaturveränderungen gesichert sein, dass die Annahme der Proportionalität für die kurze Zwischenzeit zwischen diesen Bestimmungen durch den Erfolg gerechtfertigt wird. Wir müssen also die Vorstellung aufgeben, dass der Meridiankreis invariabel aufgestellt und in seinen Theilen invariabel bleibe. Wir müssen im Gegentheil annehmen, dass alles — Instrument und Aufstellung — in beständigem Aendern begriffen sei und jetzt die Constanten der Reduction a, b, c zu bestimmen suchen, wie sie im Momente der Sternbeobachtung wirklich sind.

Damit diese beständigen Bewegungen möglichst langsam und gleichmässig werden, ist es nöthig, das Instrument vor der strahlenden Wärme des Beobachters und der der Beleuchtungsquellen zu schützen und in der Art zu umhüllen, dass Aenderungen der äusseren Temperatur nur sehr langsam bis zum Instrumente dringen. Es wird ferner nöthig sein, Untersuchungen wie die über die Theilungsfehler des Kreises und die Gestalt der Drehungszapfen für zwei sehr verschiedene Temperaturen anzustellen, um ihre Werthe als Function der letzteren kennen zu lernen. Vor Allem aber scheint es nöthig, dem Instrument eine solche Gestalt zu geben, dass eine Durchbiegung der Absehenslinie der strengsten und beständigen Controlle unterstellt bleibt.

Wir wollen nun zeigen, wie dies zu erlangen ist:

Im Allgemeinen besteht das Instrument aus einem Fernrohre [1]), welches horizontal von Osten nach Westen gelegt ist und vor dem Objectiv ein rechtwinkliges Prisma trägt, so dass, wenn sich das Rohr um seine Axe dreht, successive alle Puncte des Meridians durch die Mitte des Gesichtsfeldes gehen. Ein Kreis am Prisma-Ende durch lange Miskroskope (*aa* Fig. 2) abgelesen in Verbindung mit einem Aufsuchungskreis am Ocular-Ende, welcher die Grade und Minuten angiebt, misst die Nadirabstände der Sterne.

1) Das Fernrohr kann nicht füglich mehr als 4 Pariser Zoll Oeffnung erhalten wegen des Prismas von gleicher Oeffnung. Doch werden 4 Zoll bei erleuchteten Fäden und völlig dunklem Gesichtsfelde genügen, die kleinen Planeten wohl mit sehr wenig Ausnahmen beobachten zu können. Wollte man bis zu 6 Zoll Oeffnung an Objectiv und Prisma gehen, was übrigens erst indicirt wäre, wenn die Resultate mit 4zölligen Instrumenten vorlägen und es wünschenswerth machten, so wäre das nur eine Geldfrage — die aber sonst lösbar wäre.



In dieser Gestalt bietet das Instrument wesentliche Vortheile. Das Auge des Beobachters behält stets dieselbe Lage und Richtung. Ohne den Sitz zu verlassen, kann der Beobachter die Sterne einstellen, den Höhenkreis ablesen und alle Correctionen ermitteln.

Bei diesem Instrument ist der Beobachter durch eine Scheidewand (*b b* Fig. 1) vollständig von dem Raume abgeschieden, in welchem der Meridiankreis steht. Diese Zwischenwand trägt das Mikroskopocular (*c* Fig. 1) des Meridiankreises, welches mit repetirendem Filarmikrometer versehen ist; aus der Wand treten bloss die Oculare der Ablesungsmikroskope und die Loupe (*d* Fig. 1) für den Aufsuchungskreis, endlich der Schlüssel (*e* Fig. 1) hervor, durch dessen Handhabung das Instrument gedreht und eingestellt wird. Die Beleuchtung der Fäden des Meridiankreises und der Fäden des Filarmikrometers im dunklen Gesichtsfeld, dann die Beleuchtung der Stellen an den Kreisen, die abgelesen werden, und der Trommeln der Mikrometer, welche die Ablesung bewirken, geschieht von einer einzigen Lichtquelle aus (Argand'sche Lampe oder Gasflamme), welche sich in der Nähe des Beobachters befindet, durch Spiegelung und Sammellinsen in solcher Art, dass das Bild oder ein Theil des Bildes der Lichtquelle an den betreffenden Stellen concentrirt wird. Man sieht hieraus, dass es in dieser Weise ermöglicht ist, vom bewohnbaren Raume aus zu beobachten, ohne dadurch störend auf die Beobachtung einzuwirken.

Bei dieser Anordnung war die Absicht leitend, alle Abweichungen des Instrumentes und seiner Aufstellung leicht und sicher ermitteln zu können.

Obschon es complicirt erscheint, eine durch Spiegelung gebrochene Absehenslinie in Anwendung zu bringen, so gebührt ihr doch der Vorzug, weil sie in jeder Lage des Höhenkreises controlirt ist, was bei den jetzigen Instrumenten fehlt. Bei unserem Instrumente kann die Absehenslinie fehlerhaft sein:

A. In Bezug auf ihre Lage zu den anderen Theilen des Instrumentes;

B. in Bezug auf die Aufstellung oder die Orientirung gegen den Nadirpunct und Südpunct.

Wäre das Instrument streng richtig für sich, so hätte man nur die Grössen a, b zu bestimmen. Die Abweichung im Azimut a etwa zwischen einem Collimator in Süd und einem entfernten Signal in Nord, den Fehler der Neigung b durch einen Quecksilberhorizont unter

dem Prisma durch das im Quecksilberspiegel sichtbar gemachte Bild der erleuchteten Fäden.

Damit aber diese Grössen richtig bestimmt werden, muss man wissen, wie viel die optische Axe gegen die anderen Theile des Instrumentes, und zwar bei allen Lagen des Kreises unrichtig ist.

Auch diese Fehler können in b' c' zerlegt und dann mit den a' b berücksichtigt werden.

Ist die Gerade, die durch den Mittelpunct des Objectives und den des Fadenkreuzes gelegt werden kann, nicht zugleich Drehungsaxe des Instrumentes, so muss dieser Fehler verkleinert und bestimmt werden. Dazu kann das Mikroskopocular dienen, was auf das Fadenkreuz des Rohres eingestellt bleiben muss für alle Angaben des Höhenkreises. Ist aber einer der Drehungszapfen, oder sind beide nicht rund, so kann dies nicht erlangt werden und man muss nach Abnahme des Prismas und durch Versetzen eines Collimatorfernrohres, in der Verlängerung der optischen Axe, in welches man mit dem Meridianinstrumente sieht, die Abweichungen bestimmen, die das Fadenkreuz des Collimators während einer Umdrehung des Meridians macht. Diese Abweichungen lassen sich mit dem Filarmikrometer des Oculars für verschiedene Angaben des Kreises bestimmen, und zerlegt in Werthe von c' und b' in Tafel bringen. Die Bestimmungen müssen für zwei sehr verschiedene Temperaturen wiederholt werden, um sie als Function der Temperatur kennen zu lernen.

Nehmen wir jetzt an, dass sich das Rohr zwischen Objectiv und Kreuzfäden durchbiege oder verspanne, so wird in Folge dessen doch keine Biegung im jetzigen Sinne des Wortes eintreten. Denn der Mittelpunct des Objectives und des Fadenkreuzes werden ihre Höhe nicht ändern, da sie unmittelbar von den Lagern unterstützt sind. Wohl aber wird die Ebene des Objectives sich ändern gegen die optische Axe. Wenn wir also jetzt das Prisma vor das Objectiv bringen, so wird dieses den ganzen Einfluss der Biegung oder Spannung des Rohres erleiden.

Allein das Prisma bietet selbst die Mittel zur Bestimmung dieser Biegung in aller Schärfe und für jede Angabe des Kreises. Denn seine Planfläche, welche direct vor dem Objective steht und normal zur optischen Axe stehen sollte, bildet einen Planspiegel, der das Bild der erleuchteten Fäden im Brennpuncte des Objectives zeigt. Dieses Bild der Fäden erscheint völlig scharf und ohne Parallaxe gegen die

wirklichen Fäden. Es kann somit der Abstand dieses Bildes von den wirklichen Fäden für jede Kreisangabe mit dem Ocularmikrometer gemessen werden. Indessen könnte doch das Prisma in dieser Spiegelfläche um ihre Axe drehen, was nicht sichtbar wäre und doch einen directen Einfluss auf die Declinationsbestimmung ausübte. Allein die dritte Planfläche des Prismas bildet einen Planspiegel im Innern des Glases, der ebenso ein Bild der erleuchteten Fäden im Brennpuncte erzeugt, und dieses Bild würde sich gegen die wirklichen Fäden um den vierfachen Winkel bewegen, wenn eine Drehung um die erste Spiegelfläche vorhanden wäre. Auch eine Verstellung des Mittelpunctes des Objectives gegen die Axe seines Drehungszapfens ist durch diese Spiegelbilder controlirt, weil diese ebenso wirkt, als wenn die Fäden im Brennpuncte sich verstellten, also den Abstand der Spiegelbildfäden um den doppelten Winkel ändert. Wenn also die Lagen der Spiegelbilder gegen die Fäden, und der Mittelpunct des Fadenkreuzes gegen die Axe des Zapfens gemessen sind, ist die Absehenslinie controlirt und die Controle ist sonach ganz vollständig.

Da sich nun das Prisma bis auf wenige Bogensecunden in den Winkeln richtig herstellen lässt, so scheint es mir am zweckmässigsten, die beiden Spiegelbilder der Fäden symetrisch auf beide Seiten der wirklichen Fäden zu legen, wobei die Verstellungen, die nur Theile einer Secunde betragen, ohne Messung zu erkennen wären. Man darf auch nicht glauben, dass diese Nebenbilder die Beobachtung eines Sternes beirren, da sie viel schwächer beleuchtet sind, als die wirklichen Fäden und den Stern durchsehen lassen, während die wirklichen Fäden ihn decken oder verschwinden machen.

Bei der obigen Stellung der Reflexbilder des Fadennetzes wird eine kleine Collimation des Mittelfadens unvermeidlich; da eine solche doch immer in Rechnung gebracht werden muss, und da sie höchstens einige Bogensecunden beträgt, so entsteht daraus kein Uebelstand für die Beobachtungen.

Ist in dieser Weise der Einfluss der Gestalt der Drehungszapfen und der etwa mögliche Einfluss einer Durchbiegung des Prismas für alle Kreisangaben bekannt, so kann die Collimation zwischen zwei Fernröhren, angebracht im Nord- und Südhorizont und auf einander gerichtet, in aller Schärfe bestimmt werden, und erst jetzt, wenn auch diese bekannt ist, findet sich die Neigung (b) der Absehenslinie durch Anwendung eines Quecksilberhorizontes, der unter das Objectiv ge-

stellt ist, und in welchem man das Spiegelbild der beleuchteten Fäden zur Coincidenz bringt, oder die noch restirenden kleinen Abstände mit dem Filarmikrometer des Oculars misst.

Nachdem wir so gezeigt haben, durch welche Anordnung im Bau des Instrumentes die Correctionen a, b, dann b' und c' zu jeder Zeit und völlig sicher ermittelt werden können, sei es uns gestattet, zur Beschreibung des Instrumentes selbst überzugehen. Ich habe zwar die Idee dieses Instrumentes schon im Jahre 1850 in den Astron. Nachrichten veröffentlicht, komme aber jetzt wieder darauf zurück, nachdem ich unterdessen die oben angegebenen Mittel gefunden habe, alle Fehlerquellen einer strengen und beständigen Controle zu unterziehen.

Das Instrument liegt in einem gusseisernen Lagerstück (A), an welchem Höhen- und Azimutalcorrection der drei Fussschrauben angebracht ist, diese Schrauben besitzen kugelförmige, zur Drehung genau centrische Enden, welche in conische Lagerpuncte passen, die in einem eisernen Tförmigen Stücke (B) angebracht sind, welches unmittelbar in die Oberfläche des Meridianpfeilers eingelassen und eingegossen ist.

Die Lager des Rohres bilden einen Winkel von 90° und zwar durch polirte Steinplatten (CC Fig. 2), welche die Zapfen tangiren. Zur Verminderung des Druckes sind Gegengewichte und Frictionsrollen (DD Fig. 1) auf der Tragplatte angebracht, welche den grössten Theil der Schwere des Instrumentes haben.

Das Rohr ist aus zwei Conus von Eisenblech zusammengesetzt, die in der Mitte zusammengeschraubt und mit einem gezahnten Kreise (E Fig. 1 u. 2) versehen sind; in diese Verzahnung greift ein seitlich gestelltes Zahnrad (F Fig. 1 u. 2) ein, was durch einen laugen Schlüssel (e Fig. 1) bewegt wird, der durch die Scheidewand zum Beobachter führt und also zur Drehung des Instrumentes genügt.

Das Glasprisma ist mit der Hypotenusfläche durch Bügel und zwei seitliche Schrauben auf einer Metallplatte festgehalten. Diese Platte mit dem Prisma schiebt sich in eine mit dreieckigen Vorsprüngen versehene Metallscheibe, deren Rand in den Lagerzapfen des Objectives etwas eingedreht ist. Durch 3 Zug- und 3 Druckschrauben ist die Platte mit dem Objectivlagerzapfen verbunden und kann dadurch gegen die Axe des Rohres geneigt werden.

Ueber dieses Stück hinweg schiebt sich der Glaskreis auf schwachem Conus, durch eine Flanche des Objectivkopfes orientirt und mit einem Ringe festgeklemmt. Nun kommt am Objectivzapfen der cylindrische

Theil, auf welchem das Instrument im Lager dreht; dann bei etwas kleinerem Durchmesser der für die Frictionsrollen bestimmte Theil; endlich ist das conische Rohr am engen mit Flanche versehenen Theil in den Zapfen eingeschraubt. In diesen Zapfen selbst sind die Objectivlinsen (*i* Fig. 1) genau eingedreht und durch einen cylindrischen Ring (*K* Fig. 1) federnd festgehalten und es ist der Zapfen hinter der Auflage des Objectives zur Verminderung der Last des Zapfens weiter ausgedreht.

In ähnlicher Weise ist der Zapfen für die Aufnahme der Fadenplatte construirt. Diese ist so gestellt, dass die Fäden genau in der Brennweite des Objectives liegen und in dieser Ebene durch 4 Schrauben verstellt und angedrückt werden können. Am Ende dieses Zapfens sitzt der Aufsuchungskreis (*h* Fig. 1) conisch aufgesteckt, der wieder durch einen Federring festgeklemmt wird.

Der Kreis, eine Spiegelglasplatte, ist durch äusserst feine, nur mikroskopisch sichtbare Theilstriche von 5 zu 5 Minuten getheilt; die Mikrometer der Mikroskope lassen $^1/_{10}$ einer Bogensekunde und noch kleinere Theile erkennen. Dieser Kreis hat keine Zahlen, da der Aufsuchungskreis (*h* Fig. 1) an der Querseite Grade und Minuten durch einen Nonius gibt. Die Fehler der Theilung können direct nach den bekannten Methoden durch 3 Mikroskope ein- für allemal bestimmt werden für zweierlei sehr verschiedene Temperaturen.

In einem Abstande von etwa 4''' von der Fadenebene ist die Grenze der Scheidewand (*l* Fig. 1), welche das Ocularmikroskop (*r* Fig. 1) zu tragen hat. Der Raum zwischen den Fäden und der Wand ist zur Beleuchtung der Fäden sowohl im Meridiankreis als im Filarmikrometer bestimmt.

In diesem Raum stehen nämlich zwei Planspiegel (*l* u. *m* Fig. 1) gegeneinander 90° und zur Axe 45° geneigt und es ist deren Mitte in der Weite des Fadenraumes ausgeschnitten. Diese beiden Spiegel erhalten Licht, was rechtwinkelig zur optischen Axe auf dieselben fällt. Der eine Spiegel (*l*) reflectirt es in einem Kranze gegen die Fadenplatte des Instrumentes, der andere (*m*) gegen die Fadenplatte des Mikrometers. Auf beiden Fadenplatten sitzen aber je 4 Spiegel (*o* Fig. 2 Prismen) in der Richtung der Fadenkreuze, welche das Licht schräg und von beiden Seiten auf die Fäden werfen und sie von beiden Seiten beleuchten. Diese 4 Spiegel jeder Platte drehen mit den Fäden herum, während die durchbrochenen Spiegel fest stehen bleiben.

Die Fäden des Meridianinstrumentes und des Ocularmikrometers sind somit in allen Lagen der Fäden unter gleichem Winkel erleuchtet und das Gesichtsfeld, was in die ausgebrochene Stelle trifft, bleibt völlig dunkel. Zwischen der Lichtquelle, vor welcher eine Blendung steht, die nur einen Lichtring durchdringen lässt, und der Platte, auf der die Fäden befestigt sind, ist eine Sammellinse[1]) angebracht, deren Stellung so angenommen wird, dass sie das Bild des Lichtringes der Flamme in der Grösse des Ringes, in dem die 4 Fadenspiegel stehen, auf diese Spiegel wirft, so dass, wenn die Spiegel mit den Fäden drehen, sie immer im Lichtringe bleiben.

Da die Lichtquelle sich im selben Raum mit dem Beobachter befinden soll, so muss in der Scheidewand eine Oeffnung (etwa mit Glimmerblatt verschlossen) und ein Spiegel unter 45^0 angebracht sein, der das Licht rechtwinkelig gegen die optische Axe auf die durchbrochenen Spiegel hinwirft.

Alle anderen Stellen, welche einer Beleuchtung bedürfen, sind nach demselben Principe durch eine Sammellinse, die das Bild der entsprechenden Lichtblendung auf die zu beleuchtende Stelle wirft, behandelt. Die Lichtquelle muss sonach höher stehen als der Beobachter.

Die Mikroskope (*aa* Fig. 2 Objectiv und feststehender Faden) zur Ablesung des Glaskreises sind direct auf den Lagern des Instrumentes befestigt. In der Scheidewand sind auf die Tragplatte für den Filarmikrometer auch die Mikroskopoculare mit den Mikrometerschlitten befestigt; der Ocularapparat ist jedoch getrennt von dem Mikroskopkörper, welcher den feststehenden Faden trägt, damit sich etwaige kleine Verstellungen durch Bewegung der Mikrometerschraube dem Mikroskope selbst nicht mittheilen können.

Damit Temperaturveränderungen möglichst langsam und gleichmässig auf das Instrument wirken, ist dieses mit loser Baumwolle umgeben, und es ist nur freigelassen, was der optische Theil erfordert.

Vor das Prisma des Objectives ist deshalb eine Röhre von Pappe gestellt, die ebenfalls aussen mit Baumwolle umgeben ist. Zum Schutze vor Staub sind die Lager mit besonderen Kappen überdeckt.

---

1) Um die Helligkeit der Beleuchtung beliebig zu vermindern, ist nur erforderlich, die Oeffnung dieser Linse zu beschränken, wozu eine Reihe immer kleiner ausgedrehter Blendungen dient; ebenso kann durch gefärbte Gläser vor der Licht-Kreisblendung die Farbe der Beleuchtung beliebig geändert werden.



Das Ocularfilarmikrometer hat einen Positionskreis und zwei Schuber zur Repetition der Messung. Als Ocular dient ein Ocularmikroskop. Im Brennpuncte des Mikroskopobjectivs liegen die Fäden des Meridiankreises, im Brennpuncte des Mikroskopoculars die Fäden des Filarmikrometers. Dieses Filarmikrometer und die Oculare der Mikroskope sind in der Metallplatte (pp Fig. 1) eingeschraubt, welche sich in der Ebene der Scheidewand parallel zur Fadenebene verstellen lässt. Die Scheidewand muss, wie der Pfeiler des Instrumentes, vom Fussboden isolirt sein.

Es steht zu erwarten, dass die Correctionen der Gesichtslinien gegen das Instrument sich als sehr constant erweisen werden, so dass ihre Bestimmung für zweierlei Temperaturen ein- für allemal genügt. Dann ist die Berichtigung durch a und b für die Aufstellung allein vor und nach der Sternbeobachtung genügend, indem die Werthe b' und c' aus einer kleinen Tafel so beigefügt werden, wie sie der beobachteten Temperatur des Instrumentes entsprechen.

Der Astrograph.[1])

Ein Apparat zum Zeichnen des durch Fernrohre betrachteten Sternhimmels.[2])

Von

C. A. Steinheil.

Der Werth der graphischen Methode bei astronomischen Bestimmungen wird im Allgemeinen unterschätzt. Der Grund liegt wohl darin, dass man der Aufstellung, wenn sie der täglichen Bewegung folgen soll, oft die erforderliche Festigkeit nicht zu geben vermag, um zu genügend genauen Bestimmungen zu gelangen. Ich werde im Nachfolgenden zeigen, dass graphisch eine weit grössere Genauigkeit zu erlangen ist, als selbst die Sternaufnahme von Argelander in Bonn durch Beobachtung ergeben haben, und dass dazu nur ein Beobachter erfordert wird, während in Bonn drei Beobachter zugleich beschäftigt sind. Endlich, dass dieser eine Beobachter in derselben Zeit wenigstens ebensoviele Bestimmungen macht und zwar in bequemster Lage ohne alle Anstrengung.

Ein Fernrohr von wenigstens 4 Zoll Oeffnung in horizontaler Lage von West gegen Ost zeigt durch einen unter 45^0 vor dem Objective angebrachten Spiegel bei Drehung um seine Axe successive alle Theile des Meridianes. Das vom Objectiv entworfene Bild des Sternhimmels sei durch ein Ocularmikroskop betrachtet, welches durch die Mauer

---

1) Schon vor mehr als 30 Jahren habe ich das erste Instrument zu diesem Zwecke construirt, und in Schuhmachers Jahrbuch 1838 beschrieben. Die Charte der Gegend des Nordpols, welche U. Pohrt seiner Zeit damit zeichnete, zeigt, dass die Positionen der Sterne etwa auf 1′ richtig sind. Der Grund, weshalb die Genauigkeit nicht grösser ist, liegt theils in dem Maassstab, welcher $1^0 = 6'''$ gab, theils aber auch darin, dass die Zeichnungsfläche der Bewegung der Sterne folgen musste und daher keine genügende Festigkeit hatte.

2) Sitzungsberichte der k. bayer. Akademie zu München. 1864. I. pag. 103.

des Arbeitszimmers des Astronomen in horizontaler Lage und in solcher Höhe geführt ist, dass der davor sitzende Beobachter bequem hineinsehen kann. Der Augenort des Oculars sei wenigstens in 12 Zoll Abstand von der Mauer. Das Ocular vergrössere vorerst nur 36 mal, so dass man einen Quadratgrad am Himmel leicht übersehen kann.[1])

Auf das Bild des Himmels lässt sich nun das Bild der senkrecht unter dem Oculare befindlichen Ebene durch einen Sömmering'schen Zeichnungsspiegel projiciren, so dass das Auge gleichzeitig Licht von der Ebene und von dem Sternhimmel erhält. Das Bild des Himmels wird auf der Ebene gemessen um so grösser, je weiter die Ebene vom Augenort abrückt. Wäre der Abstand dieser horizontalen Ebene z. B. 8 Zoll, so erschiene ein Quadratgrad des Himmels als Quadrat von 60 Linien, oder eine Bogenminute am Himmel erschiene eine Linie lang, und da man leicht in 8 Zoll Abstand $^1/_{10}$ Linie sieht und einstellt, würde man damit 6 Bogensecunden am Himmel haben.

Bewirkt man jetzt durch ein Gestell von Gusseisen in Verbindung mit der Mauer oder mit dem isolirten Fussboden eine so feste Aufstellung der Horizontalfläche, dass man diese auch bei Anwendung von einiger Kraft sicher nicht um $^1/_{10}$ Linie verstellen kann, so wird der Ort eines Sternes auch mit dieser Genauigkeit auf der Ebene zu bezeichnen sein. Dabei ist natürlich vorausgesetzt, dass man das Ocular so gestellt habe, dass die Parallaxe zwischen Bild des Himmels und Bild der Ebene verschwindet.

Wenn nun die Ebene um ihren Mittelpunct drehbar, aber in jeder Lage zum Feststellen gemacht und mit einem horizontal und geradlinig gehenden Schuber versehen wird, der ein weisses Fadenkreuz hat, dessen einer Faden parallel zur Bewegung des Schubers ist, so kann, weil das helle Fadenkreuz auf dem dunkeln Schuber über dem Sternhimmel gesehen wird, das Kreuz auf jeden Stern im Meridiane eingestellt werden. Man drehe dazu nur die Ebene, bis die tägliche Bewegung der Sterne parallel zu dem einen Faden ist, so repräsentirt der andere Faden den Meridian und es kann durch Bewegung des Schubers im Meridian jeder Stern auf den Declinationsfaden eingestellt und beim Durchgang durch den Meridianfaden beobachtet werden.

---

1) Diesen Anforderungen entspricht mein Meridiankreis, siehe die vorstehende Abhandlung. Er kann also zugleich noch dazu benutzt werden, Sternzonen-Karten zu entwerfen, um sie mit den vorhandenen Karten zu vergleichen und etwaige Aenderungen zu erkennen.



Um damit eine Sternzonen-Karte von 1° Breite zu entwerfen, müssen wir mit diesem Apparat einen Registrirapparat in Verbindung bringen und zwar auf folgende Art. Erst muss ein Papierstreifen von etwas mehr als 60 Linien Breite in der Richtung senkrecht zum Schuber mit einer Geschwindigkeit bewegt werden, die nahezu dem scheinbaren Fortrücken der Sterne auf der Ebene gleich ist. Dies wird, wie bekannt, durch zwei Walzen erlangt, die mit einer vom Triebwerk gegebenen Geschwindigkeit drehen und den Papierstreifen durchziehen. Dieser Apparat ist mit dem festen Theil der Ebene in Verbindung und es registrirt sich von 5″ zu 5″ der Uhrgang auf beiden Rändern des Streifens durch Electromagnete.

Unter dem Schuber ist aber ferner ein Electromagnet an diesem so angebracht, dass er sich mit dem Schuber quer über den Papierstreifen hin bewegt. Ein galvanischer Taster an dem feststehenden Theil des Apparates bewirkt, dass der Hebel des Electromagnetes einen Punct in den Papierstreifen eindrückt, sobald der Taster niedergedrückt wird. Wird also ein Stern durch Bewegung des Schubers auf den Declinationsfaden oder besser zwischen zwei in kleinem Abstande gezogene Fäden gebracht und der Taster im Augenblick des Sterndurchganges niedergedrückt, so ist derselbe in der Zonenkarte eingetragen. Die Grössenbezeichnung kann durch die Zeitdauer des Niederdrückens des Tasters geschehen, wobei der grössere Stern durch eine längere Linie bezeichnet ist. Die Position gilt natürlich für den Anfang des Striches.

Um Sterne, die gleichzeitig durch den Meridian gehen, eintragen zu können, ist eine Schuberbewegung des ganzen Apparates senkrecht zur Bewegung des Schubers nöthig. Dabei überholt der Meridianfaden die Bewegung der Sterne und es kann nun ein zweiter oder dritter Durchgang beobachtet werden, worauf der Apparat wieder in die erste Lage zurückgeführt wird.

In sehr sternreichen Gegenden wird man stärkere Vergrösserungen anwenden, z. B. die doppelte. Dabei wird man jetzt nur $^1/_2$ Quadratgrad übersehen, während die Zeichnungsfläche gleich gross bleibt. Es muss daher die Geschwindigkeit des Streifens die doppelte werden. Man erlangt aber dann auch die doppelte Genauigkeit bei diesen Zonenaufnahmen von $^1/_2{}^\circ$ Breite. Damit der Declinationsschuber leicht aus freier Hand eingestellt werden kann, ist es nöthig, ihn auf 4 genau gleich grossen Kugeln zu bewegen. Die Kugeln gehen im untern

Theil des Apparates in 2 parallelen Rinnen gebildet durch 2 unter rechtem Winkel zusammenlaufende Ebenen. Ganz ähnliche Rinnen in gleichem Abstande sind auf der untern Seite des Schubers. Sie passen genau auf die Kugeln. Dabei ist gar keine gleitende Friction, so dass sich der Schuber mit der kleinsten Kraft bewegen lässt.

Das Triebwerk für den Papierstreifen muss einen Regulator haben, der sehr verschiedene Geschwindigkeiten zu geben erlaubt. Die richtige Geschwindigkeit zeigt sich am leichtesten durch Vergleich der berechneten Fortrückung mit der, welche stattgehabt hat. Ein kleiner Unterschied hat übrigens nur Einfluss auf nachträglich im verstellten Meridian beobachtete Durchgänge und ist auch da, wenn die Beobachtung nahe liegt, noch unmerklich. Aber im Ganzen ist die Karte unabhängig von der Bewegung des Streifens, weil die Uhrzeit am Rande registrirt ist, die das Entnehmen der AR mit aller Schärfe gestattet.

Sollte man durch solche Karten nicht blos Aenderungen am Sternenhimmel aufzufinden beabsichtigen, sondern die Positionen der beobachteten Sterne ableiten wollen, so wäre für die Declinationen ein Maassstab erforderlich, welcher nach den Tangenten der scheinbaren Winkel von der Mitte der Zone ausgetheilt wäre (bis $\pm$ 18°). Im Uebrigen kämen alle Reductionselemente wie bei directen Beobachtungen in Anwendung.

Das Lasell'sche Telescop.

(Hierzu Tafel XXI.)

Herr Lasell giebt in einem Schreiben an den Herausgeber der Astronomischen Nachrichten (Nr. 1512) folgende Beschreibung seines auf der Insel Malta befindlichen Telescopes mit der auf Taf. XXI dargestellten Zeichnung desselben.

„Das Telescop ist ein Newton'scher Reflector mit parallactischer Aufstellung; es ist nach demselben Principe montirt, wie das 9füssige und 20füssige Telescop, welche in den Memoiren der Königlichen Astronomischen Societät beschrieben sind. Die Oeffnung ist genau 4 Fuss[1]) und es gehören dazu zwei grosse Spiegel, deren Brennweite beziehungsweise 441,8 und 448,1 Zoll beträgt. Diese Spiegel sind gegen $4^1/_2$ Zoll dick und wiegen jeder gegen 2700 Pfund. Das Rohr ist gitter- oder gerippartig und besteht aus flachen eisernen Stäben (mit Zwischenräumen, die der Breite dieser Stäbe nahe gleich sind), welche in entsprechenden Distanzen durch Ringe verbunden sind. Der Grund, warum das Rohr derartig eingerichtet wurde, besteht darin, dadurch die Entstehung von Strömungen ungleich erwärmter Luft im Innern des Rohres zu verhindern oder auch die Ungleichheit der inneren und äusseren Temperatur zu vermeiden, und es wurde diese Absicht auch vollständig erreicht."

„Ich halte diese Art der Montirung, wenn sie eben in so grossem Maassstabe ausgeführt wird, für sehr zweckmässig, und ich habe im Verlaufe des Gebrauches keine nachtheilige Einwirkung der Biegung des Gerüstes bemerkt. Bei der Polhöhe des Beobachtungsortes von 35° 55′ entspricht sie sehr gut; allein ich würde einiges Bedenken tragen, sie ohne einige Modification in einer niederen Breite anzuwenden. Das Telescop ist mit keinem Dache versehen, allein der Beobachter ist geschützt, wenn er sich auf einem der Stockwerke (je nach der

---

1) Die Maasse sind englische.

Höhe des betrachteten Objectes) im Thurme befindet. Dieser bietet ein Mittel, bequem zum Oculare zu gelangen und der Beobachter steht etwa 39 Fuss vom Boden ab, wenn das Telescop gegen das Zenith gerichtet ist."

„Eine Treppe in dem Thurme führt zu den verschiedenen Stockwerken, welche gegen $4^1/_2$ Fuss im Quadrat haben und hinlänglich Raum für Papiere, Micrometer, Oculare, Lampen und einige andere kleinere nothwendige Apparate bieten, ausserdem gewähren sie dem Beobachter ein sehr angenehmes Schutzdach gegen den Thau und gelegentlich auch gegen rauhe Winde. Der Thurm wird auf einer kreisförmigen Schienenbahn geführt und gestattet ausserdem eine Drehung um seine Axe, sowie eine radiale Bewegung gegen das Telescop hin, und davon weg, so dass das Ocular für die meisten Höhen- und Stundenwinkel leicht zugänglich ist; wir haben indessen im Allgemeinen blos an den zugänglichsten Stellen, nämlich drei Stunden östlich und westlich vom Meridian beobachtet."

„Ich habe nicht versucht, das Telescop mit einem Uhrwerk zur Bewegung zu versehen, da das grosse Gewicht an den Axen mehrere Tonnen beträgt und das Problem sehr schwierig geworden wäre. Ich habe nur ein Räderwerk angewendet, welches in ein Schwungrad und eine Kurbel ausläuft und fast gleich gut wie ein Uhrwerk dem Zwecke entspricht. Der Gang ist so regulirt, dass, wenn das Telescop der Bewegung der Sterne folgen soll, die genannte Kurbel genau einmal in jeder Secunde gedreht werden muss. Eine Uhr mit einem laut schlagenden Pendel befindet sich neben der Kurbel und es hat dabei nur ein Gehilfe (welcher übrigens gar keine Kenntnisse nöthig hat) seinen Platz einzunehmen, und die Kurbel zwischen jedem Pendelschlage einmal umzudrehen. Das Schwungrad vermittelt die Gleichförmigkeit jeder Umdrehung und eine kurze Uebung am Anfange reicht für den Gehilfen hin, um die Umdrehungen genau übereinstimmend mit den Pendelschlägen zu bewerkstelligen. In mancher Hinsicht ist diese Art der Bewegung der gewöhnlichen vorzuziehen, da sie plötzlich unterbrochen, bald nach Belieben beschleunigt oder verzögert werden kann, wenn dies für einen besonderen Zweck erforderlich sein sollte. Die Anstrengung bei dieser Arbeit ist nur gering, so dass sie Stunden lang ohne Unterbrechung fortgesetzt werden kann."

„Mit der genannten Uhr sind zwei Zifferblätter verbunden. Der Zeiger des einen derselben hat eine rückgängige Bewegung und das

Zifferblatt ist dem entsprechend beziffert, während der andere Zeiger sich wie gewöhnlich bewegt. Die erstere Bewegung bezieht sich auf östliche Stundenwinkel, welche beständig abnehmen, die zweite bezieht sich auf westliche Stundenwinkel. Wird nun vom Beobachter auf einen beliebigen Stundenwinkel eingestellt und die Beobachtung durch Wolken oder irgend eine andere Ursache unterbrochen, so kann der Gehilfe, wenn der Himmel sich wieder aufklärt, durch den blossen Anblick des Zifferblattes geleitet das Telescop damit in Uebereinstimmung bringen, indem er die Kurbel rascher dreht; der Beobachter hat nicht nöthig, aus dem Thurme herabzusteigen oder anderweitige Vorkehrungen zu treffen."

„Die Correctionen des Instrumentes haben sich nicht merklich geändert, seitdem es zuerst aufgestellt wurde, d. h. sie haben keine Aenderungen gezeigt, welche auf eine Aenderung der Polar- oder Declinations-Axe schliessen lassen. Ich will übrigens damit nicht behaupten, dass das Telescop anderweitig als zu Differentialbeobachtungen gebraucht werden kann, noch dass es nicht einer Aenderung von 3 bis 4 Minuten für einen Bogen ausgesetzt ist, welcher zu sehr weit abstehenden Stundenwinkeln gehört; allein diese Fehler scheinen zum Theil in kleinen Aenderungen der Lage des grossen Spiegels (welcher bekanntlich nicht eingezwängt werden darf) ihren Grund zu haben, da derselbe sich nothwendig bei einer Bewegung von Ost nach West etwas verrückt. Uebrigens haben diese Fehler einen so geringen Betrag, dass sie keine Besorgniss in Bezug auf die Aufstellungsweise im Ganzen erregen, sie sind im Allgemeinen für nahe die gleichen Stundenwinkel zu constant, als dass es nöthig wäre, Zeit darauf zu verwenden, zu untersuchen, welche von den mancherlei störenden Ursachen den grössten Antheil am Effecte gehabt hätte. Während der verflossenen drei Jahre wurden die grossen Spiegel wiederholt polirt und gewechselt und dabei jedesmal eine vollständige, neue Berichtigung der beiden grossen und kleinen Spiegel vorgenommen, allein die Correctionen blieben im Allgemeinen in so enge Grenzen eingeschlossen, dass daraus irgend eine Schwierigkeit oder ein Nachtheil nicht hervorgeht."

„Da das Telescop ganz in freier Luft steht und jedem Witterungs- und Temperatur-Wechsel ausgesetzt ist, so mussten die Spiegel, die beiden grossen und kleinen, nothwendig auch einer grösseren Gefahr ausgesetzt sein, als wenn sie in einem geschlossenen Raume gewesen wären, namentlich die Planspiegel, die sich hoch in der Luft am oberen

Ende des Rohres befinden. Die zwei einzigen Planspiegel, welche bisher im Gebrauche waren, sind jedoch noch nicht aufpolirt worden, und ich bin nicht sicher, ob nicht einer derselben in Bezug auf die Politur gelitten hat. Es ist übrigens in der Praxis von weit grösserem Belange, dass die Oberfläche der Planspiegel vollständig rein und glänzend sei, als dass dieses beim Hohlspiegel stattfinde. Sollte bei einem der letzteren eine solche Verschlimmerung der Oberfläche eintreten, so ist eine Polirmaschine zur Hand und die Arbeit eines einzigen Tages reicht hin, um die Oberfläche wieder herzustellen, ohne dass man Gefahr läuft, etwas zu verderben. Ich habe jedoch nie nöthig gehabt, für diesen Zweck allein ein Aufpoliren vorzunehmen."

„Die beiden Hebelsysteme, welche zur Balancirung des grossen Spiegels in zenithaler und horizontaler Richtung dienen, und die ich zuerst an dem zweifüssigen Spiegel angewendet und in einem der Reports der Brittischen Association beschrieben habe, diese Hebelsysteme wurden mit geringen Abänderungen und mit gleichem Erfolge auch für diese grossen Spiegel angewendet. Ich halte diese Hebel für ganz wesentlich, um die unvermeidliche Biegung aufzuheben und runde Bilder der Sterne zu erhalten."

Herr Staatsrath O. v. Struve, welcher das Lasell'sche Instrument aus eigener Anschauung kennt, berichtet darüber unter Anderem Folgendes[1]), was wir als Ergänzung zu Obigem beifügen: Wenn das Fernrohr gegen das Zenith gerichtet ist, wird der grosse Spiegel durch ein System dreiarmiger Hebel, wie sie Lasell bereits 1850 angegeben hat, an einer grossen Menge von Puncten unterstützt. Da aber diese Unterstützung bei geneigter Lage des Spiegels einer Formänderung desselben durch die eigene Schwere nicht vorbeugen würde, hat Lasell noch ein zweites System von Gegengewichten angebracht, welche in mehreren parallel laufenden Reihen in die Rückseite des Spiegels eingreifen. Letzterer nimmt seine regelrechten Formen an, sobald die Axen jener Gegengewichte horizontal stehen. Um dieses für alle Richtungen des Instrumentes zu erzielen, ist es nothwendig, dass der Spiegel im Rohr oder vielmehr das Rohr sammt Spiegel um seine eigene Axe gedreht werden kann. Diese Operation muss bei jeder einzelnen Beobachtung, wenn es sich um scharfes Sehen handelt, vorgenommen werden,

---

1) Bulletin de l'Academie impèriale des Sciences de St. Petersbourg. 1864. Tome VII. pag. 117.



und für ihre Ausführung ist das erforderliche Räderwerk an dem in den Lagern ruhenden Mittelstück, das der Mulde an unseren Refractoren entspricht, angebracht. Jene Drehung bringt zu gleicher Zeit hervor, dass der Ocularansatz, durch welchen der Beobachter in den kleinen Spiegel hineinschaut, eine nahezu horizontale Stellung einnimmt, wodurch andererseits dem Beobachter die Möglichkeit geboten ist, einigermassen von seinem Standpuncte aus die richtige Stellung des grossen Spiegels zu controlliren.

Das Metall, aus welchem die Spiegel bestehen, ist nach dem Struve'schen Berichte eine Legirung von zwei Gewichtstheilen Kupfer auf einen Gewichtstheil Zinn.

Notizen über einige Erscheinungen, welche bei geodätischen Operationen Beachtung verdienen.

Von

J. J. Baeyer, General-Lieutenant z. D.

(Aus dessen Generalbericht über die mitteleuropäische Gradmessung pro 1863 pag. 36.)

I. Das Heliotropenlicht zeigt bei gutem Wetter und klarem Himmel, worauf Hr. Struve zuerst aufmerksam gemacht hat, gewöhnlich zweimal am Tage ruhige Bilder und zweimal eine zitternde Bewegung.

Die erste Periode der ruhigen Bilder findet am frühen Morgen statt, wo die Luftschichten durch die allmählige Abkühlung in der Nacht sich noch im Gleichgewicht befinden. So wie aber die Sonne höher steigt und anfängt stärker zu wirken, ändert sich dieser Zustand; erwärmte Luftschichten steigen auf, kältere sinken nieder, das Licht fängt an, kleine Schwingungen zu machen, und der feine Lichtpunct nimmt grössere Dimensionen an. Mit der steigenden Temperatur wächst die Helligkeit der Schwingungen bis zu dem Maximum der Tageswärme. Der Lichtschein vergrössert sich in demselben Verhältniss und wird durch die zahllose Menge der Bilder und die damit verbundene Zerstreuung des Lichtes immer matter und matter, und zuweilen so matt, dass er das glänzende des Lichtes verliert und oft als ein weisses, kaum bemerkbares Wölkchen am Himmel erscheint. Nach dem Maximum der Tageswärme lässt die Helligkeit der flackernden Bewegung allmählig nach, es tritt mehr Gleichgewicht in den Luftschichten ein, und das Heliotropenlicht kehrt langsam zu dem Glanze und der Grösse eines ruhigen Sternchens zurück: das ist die zweite Periode der ruhigen Bilder.

Nahe am Abend, wenn die Oberfläche der Erde sich abkühlt, die kältere Luft von den Bergen und Höhen in die Thäler und Ebenen abfliesst, und sich mit der warmen zu mischen beginnt, tritt die zweite Periode des Zitterns ein; diese unterscheidet sich aber von

der ersten dadurch, dass die Schwingungen viel langsamer sind, so dass man häufig die einzelnen Bilder in einer Anzahl bestimmter Lichtpuncte, welche in Kreisform um einen Mittelpunct zu hüpfen scheinen, noch deutlich erkennen kann. Später am Abend beschleunigen sich die Schwingungen, werden aber selten so schnell, dass sie, wie am Mittage, in einen grösseren Lichtschein übergehen.

Die Intensität des Heliotropenlichtes ist sehr stark, auf Entfernungen von etwa drei Meilen muss die 9 bis 10 Quadratzoll grosse Spiegelfläche um wenigstens die Hälfte verkleinert werden, weil sonst das Licht so scharf und stechend ist, dass es nicht mit Sicherheit beobachtet werden kann. Bei noch kleineren Entfernungen kann es durch ein vorgeschobenes farbiges Glas gedämpft werden, wozu sich grün am besten eignet. Der volle Spiegel reicht auf 10 bis 15 Meilen aus, wenn die Luft nicht zu dunstig und räucherig ist.

Die Dauer der ruhigen Bilder ist sehr verschieden. Es gibt Tage, aber selten, wo man selbst in den Mittagsstunden noch beobachten kann; dagegen gibt es aber auch welche, wo das Zittern nicht aufhört und so heftig ist, dass man gar nicht beobachten kann.

Besondere Witterungsverhältnisse haben einen entschiedenen Einfluss. Bei Höhenrauch (trockenem Nebel) bleibt das Licht, so lange es durchdringt, den ganzen Tag über ruhig, und eignet sich vortrefflich zum Beobachten, nur muss es nach Azimuth und Zenithdistanz aufgesucht werden, wie ein Stern bei Tage.

An widrigen Tagen, besonders bei trockenen NO-Winden, tritt ebenfalls selten Zittern ein. Dagegen ist das Zittern nach starken Regengüssen immer so heftig, dass das Beobachten unmöglich ist. — Auch Spiegelungen kommen vor, ich habe aber die Spiegelbilder nie anders, als genau in einer Verticalebene gesehen.

Diese meine Beobachtungen sind hauptsächlich bei Gelegenheit der Gradmessung und Küstenvermessung angestellt, sie beziehen sich also auf eine bestimmte Localität, den Preussischen Küstenstrich an der Ostsee, und auf Entfernungen von 4 bis 8 deutschen Meilen. Es wäre daher wünschenswerth, die Beobachtungen unter verschiedenen anderen Verhältnissen fortzusetzen. Hieran schliessen sich nun noch verschiedene andere Fragen an, z. B.:

1. Stehen die ruhigen Bilder in irgend einem Zusammenhang mit der Wärmeabnahme zwischen Standpunct und Object, oder mit der irdischen Strahlenbrechung?

2. Das Heliotropenlicht zeigt zuweilen Farben, besonders Roth, Blau oder Grün. Welches sind die Umstände, unter denen sie sich zeigen, und stehen diese Farben mit der Wärmeabnahme in Verbindung?
3. In den Mittagsstunden, wenn das Heliotropenlicht gross und flackernd erscheint, bemerkt man zuweilen, dass der intensivere Licktkern langsame, Minuten dauernde Schwankungen nach links und rechts macht. Ein solches langsames Hin- und Herschwanken des Heliotropenlichtes habe ich auch an einem warmen und windstillen Sommertage gegen Abend, kurz vor dem Eintreten der zweiten Periode des Zitterns und Hüpfens der Bilder, bemerkt, wo das Licht sehr ruhig nnd klein wie ein Sternchen erschien. Das Schwanken nach jeder Seite hin mochte 6 bis 9 Secunden betragen und dauerte nach jeder Seite hin immer 6 bis 8 Minuten. Es schien, als ob das später eintretende Hüpfen der Bilder dadurch entstanden wäre, dass die langsamen Schwankungen in schnellere Schwingungen übergingen.

   Ich vermuthe, dass diese Erscheinung öfter vorkommt, weil es mir mehrere Male begegnet ist, dass Beobachtungen am Abend nach so schöner Heliotropenluft, die ich für besonders gelungen hielt, dennoch Abweichungen zeigten, die mir unerklärlich schienen. Es wäre von Interesse, weitere Beobachtungen hierüber anzustellen.

II. Ein zweiter Punct, auf den ich mir erlaube aufmerksam zu machen, ist das Drehen der hölzernen Gerüste und Beobachtungspfähle.

Die Drehung beginnt am frühen Morgen mit der ersten Wirkung der Sonne und geht von W über S nach O mit der steigenden Wärme wachsend, bis zu dem Maximum der Tageswärme fort, dann tritt auf kurze Zeit ein Stillstand ein, und es erfolgt nun mit der sinkenden Temperatur eine langsame, entgegengesetzte Drehung von O über S nach W, die näher am Abend stärker wird, und bis in die Nacht hinein fortdauert, so dass der Pfahl am nächsten Morgen wieder nahe dieselbe Stellung eingenommen hat, die er am vorhergehenden Morgen hatte.

Bei einem 25 Fuss hohen, üppig gewachsenen Fichtenpfahl, der bereits im dritten Jahre gestanden hatte, habe ich vom frühen Morgen bis zum Stillstande, der etwas nach dem Maximum der Temperatur erfolgte, eine Drehung von nahe 15 Minuten beobachtet. Ausser der Drehung fand

aber auch ein Krümmen des Pfahles nach der Sonne hin, und dadurch eine Ortsveränderung des Mittelpunctes statt, die nicht unbedeutend zu sein schien, die ich aber nicht messen konnte, weil es mir an einer Einrichtung dazu fehlte. Ich glaubte mich aber überzeugt halten zu müssen, dass bei der Beobachtung von nahen Objecten ein namhafter Fehler daraus entstehen müsse.

Frisch gefällte Baumstämme von Fichten oder Kiefern drehen sehr viel weniger und Eichen noch weniger, besonders wenn man die Stämme nicht abschält und ihnen die Rinde oder Borke lässt. Buchenstämme sind weniger gut. Bei Pfählen, welche von der Rinde entblösst sind, kommen leicht durch das Zerreissen der Oberfläche Sprünge vor, selbst dann, wenn die directe Einwirkung der Sonnenstrahlen sorgfältig abgehalten wird.

Die Drehung ist zwar im Ganzen nicht genau der Zeit proportional, sondern scheint in ihrem Gange mehr der täglichen Temperaturveränderung zu folgen; allein innerhalb kleinerer Zeitintervalle von $^1/_2$ Stunde, und selbst bis 1 Stunde, kann sie, unter Berücksichtigung der obigen Bemerkungen über die Pfähle, ohne merklichen Fehler der Zeit proportional angesehen werden, besonders wenn die Beobachtungen so angeordnet werden, dass, wenn der erste Satz mit dem Object links anfängt, der zweite Satz mit dem Object rechts beginnt. Hierauf ist besonders zu achten, wenn man Pfähle benutzen muss, welche stark drehen. In einem solchen Falle empfiehlt es sich auch, die Zahl der Objecte, die in einen Satz aufgenommen werden, möglichst zu vermeiden und die Einstellungen in genau gleichen Zeitintervallen zu machen.

Für die Aufstellung des Instrumentes auf einem hölzernen Pfahle habe ich folgende Einrichtung zweckmässig gefunden: Eine Eisenplatte auf der oberen Fläche, mit eingelegtem Blei, zur Aufnahme der Fussschrauben des Instrumentes, und auf der unteren Fläche mit drei senkrecht dagegen stehenden, etwa acht Zoll langen Lappen versehen, wird auf den Pfahl so aufgeschoben oder aufgepasst, dass die Lappen anschliessen, und mit starken, mehrere Zoll langen Schrauben, die durch die Lappen gehen, festgeschraubt.

Es erschien nicht unwichtig, die Aufmerksamkeit der Herren Beobachter auf diesen Gegenstand zu lenken, und sie zu weiteren Beobachtungen und vielleicht auch zu Versuchen, ob man durch Befeuchten der Pfähle dem Drehen entgegen wirken kann, aufzufordern.

Die Polarisations-Batterie.

Von

Julius Thomsen, Professor in Kopenhagen.

(Aus der Tidsskrift for Physik og Chemi 1864. III. p. 195.)

Bei den verschiedenen Anwendungen des electrischen Stromes werden an den galvanischen Apparat, welcher denselben hervorbringen soll, sehr verschiedene Anforderungen gestellt. Der Galvanoplastiker verlangt einen Apparat, welcher einen starken, oder richtiger, grossen electrischen Strom giebt; aber der Widerstand, welchen der Strom überwinden soll, ist in diesem Falle nur gering und es genügt ihm in der Regel die geringe Spannung, welche ein einzelnes galvanisches Element hervorbringen kann. Der Telegraphist hingegen bedarf keines starken electrischen Stromes, um nach einer fernliegenden Station Signale zu machen; seine Electromagneten arbeiten sogar bei sehr schwachen Strömen; aber der Widerstand, welchem der electrische Strom auf dem langen Wege von Station zu Station begegnet, ist sehr bedeutend, und sein galvanischer Apparat muss desshalb anders construirt sein. Während der Galvanoplastiker ein einzelnes Element mit einer grossen Oberfläche anwendet, bedarf der Telegraphist einer sehr grossen Menge Elemente, die zu einer Batterie geordnet sind. Die einzelnen Elemente können sehr klein sein, denn die Batterie soll nur einen schwachen Strom hervorbringen, aber dieser muss eine sehr hohe Spannung haben. Soll dagegen der electrische Strom zur Hervorbringung electrischen Lichtes dienen, so ist das Verhältniss ein ganz anderes, denn in diesem Falle bedarf es eines starken Stromes, der zugleich eine hohe Spannung hat. Der electrische Lichtbogen bietet dem electrischen Strome bedeutenden Widerstand und tritt nur hervor, wenn der Strom eine grosse Spannung hat; zu dessen Herstellung bedarf es aber zugleich einer grossen Menge Electricität und der galvanische Apparat muss desshalb aus einer grossen Menge grosser Elemente bestehen, welche zu einer Batterie geordnet sind.

Dies sind die Formen, in welchen der galvanische Apparat hauptsächlich angewandt wird. Nur selten kann ein einzelnes Element genügen: in der Regel muss man deren mehrere verwenden, um dem Strome die nöthige Spannung zu verleihen, und oft bedarf es einer sehr bedeutenden Anzahl von Elementen. So verwendet man bei Herstellung electrischen Lichtes selten weniger als fünfzig Elemente und beim Telegraphiren beträgt die Zahl der zu einer Batterie vereinigten Elemente oft mehr als hundert. Es ist nicht nur kostspielig, mit einer solchen Menge Elemente zu arbeiten, sondern es ist auch viel Zeit erforderlich, um eine grosse Batterie zusammenzusetzen; überdies muss man dabei mit grosser Sorgfalt und Aufmerksamkeit zu Werke gehen, da leicht das eine oder andere Element durch einen zufälligen Umstand unbrauchbar werden kann, wodurch der Strom bedeutend geschwächt wird, oder in Stockung geräth, und in solchen Fällen ist es meistens nothwendig, dass man sämmtliche Elemente prüfe, um zu finden, wo der Fehler liegt.

Es konnte mir nicht entgehen, dass es einer leichten Anwendung des electrischen Stroms grossen Vorschub leisten würde, wenn es gelänge, Apparate herzustellen, welche bei Anwendung eines einzelnen galvanischen Elementes electrische Ströme von hoher Spannung und mit den andern Eigenschaften eines Batteriestromes ausgestattet, hervorbringen könnten, und ist dieses seit längerer Zeit Gegenstand meines Nachdenkens gewesen. Ich habe nun diese Aufgabe in einer Weise gelöst, welche nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern auch von grosser practischer Bedeutung ist, und ich darf voraussetzen, dass im Verlauf einiger Jahre viele galvanische Apparate, welche z. B. jetzt im Dienste der Telegraphie arbeiten, durch den von mir erfundenen Apparat werden ersetzt werden.

Wenn man mit den Polen eines galvanischen Elementes zwei Platinaplatten berührt, welche in verdünnte Schwefelsäure getaucht sind, so nehmen diese die Eigenschaft an, einen electrischen Strom hervorbringen zu können. Wenn man nämlich die Pole des galvanischen Apparats entfernt und die Platinaplatten gegenseitig mit einem Metalldraht verbindet, so entsteht ein electrischer Strom, der in entgegengesetzter Richtung des Stromes geht, welcher die Platten in diesen Zustand versetzte. Man sagt: die Platten sind polarisirt oder durch den electrischen Strom geladen; die zwei Platten verhalten sich wie zwei verschiedene Metalle, welche durch Eintauchung

in Säure gleichfalls im Stande sind, einen electrischen Strom hervorzubringen.

Aber der electrische Strom, welcher erscheint, wenn die zwei Platinaplatten verbunden werden, verliert sehr schnell an Stärke, und verschwindet nach einiger Zeit ganz. In der kurzen Zeit, da die Platten mit den Polen des galvanischen Apparats in Berührung sind, beginnt eine Scheidung des Wassers zwischen den Platten; dauert die Berührung längere Zeit, so wird die Zersetzung bekanntlich durch Luftblasen auf den Platinaplatten sichtbar. Damit die Polarisations- oder Ladungs-Phänomene so stark wie möglich hervortreten, ist indess nicht nöthig, dass die Berührung mit den Polen des galvanischen Elementes so lange dauere, bis sich eine Luftentwickelung zeigt; denn die dergestalt freigewordenen, sichtbaren Bestandtheile des Wassers spielen keine wesentliche Rolle bei Hervorbringung des Stromes, welchen die Platinaplatten durch deren spätere Verbindung erzeugen. Durch die kurze Berührung hat sich also auf den Platten eine unsichtbare Schicht der Bestandtheile des Wassers gebildet, da Wasserstoff der Platte zugeführt wurde, welche mit dem Zinkpole in dem galvanischen Apparat in Berührung war, und Sauerstoff der anderen Platte. Der electrische Strom hat während der Ladung der Platten eine Richtung von der zweiten durch die Flüssigkeit nach der ersten; aber wenn die Platten von dem galvanischen Apparat entfernt und in gegenseitige Berührung gebracht werden, dann tritt die mit Wasserstoff geladene Platte als das positive Glied gegen die mit Sauerstoff geladene Platte hervor, und der Strom geht dann von der ersten durch die Flüssigkeit zu der anderen.

Wie der Strom in dem galvanischen Apparat durch Sauerstoff des Zinks erzeugt wird, so auch zwischen den geladenen Platten durch Verbindung des Sauerstoffes mit dem Sauer- und Wasserstoff; aber während der Dauer des Stromes vereinigen sich nach und nach die geschiedenen Bestandtheile des Wassers wieder, und der Strom muss selbstverständlich aufhören, sobald die Wiedervereinigung vollendet ist. Die electromotorische Kraft der geladenen Platten ist eine constante Grösse, wie sie dies für jeden anderen Apparat ist; sie hängt von der Arbeitsmenge ab, welche Wasserstoff durch seine Verbindung mit Sauerstoff hervorbringt. Die Stromstärke des erzeugten Stromes wird wie bei dem galvanischen Elemente durch das Verhältniss zwischen der electromotorischen Kraft und dem Wider-

stand im Apparate bestimmt; und da jene constant ist, diese aber zunimmt, in dem Maasse, wie Wasser- oder Sauerstoff verbraucht werden, so nimmt auch die Stromstärke gleichmässig ab und wird zuletzt unmerklich.

Da es der Berührung der Platten mit den Polen des galvanischen Elementes nur für kurze Zeit bedarf, so kann man auch in kurzer Zeit eine grosse Menge Platten in der erwähnten Weise laden. Wenn man dann alle diese Platten ebenso verbindet, wie man eine grosse Menge galvanischer Elemente zu einer Batterie verbinden würde, so erhält man einen electrischen Strom von sehr hoher Spannung, da diese proportionell ist mit der ganzen electromotorischen Kraft, welche dem Produkte der Anzahl Elemente und der electromotorischen Kraft des einzelnen Elementes gleich ist.

Die Stromstärke wird inzwischen schnell abnehmen; denn die Bestandtheile des Wassers werden, während sie den Strom erzeugen, allmählich wieder Wasser bilden. Um den Strom wieder hervorzubringen, muss man also sämmtliche Elemente wieder laden. Ein solches Verfahren würde sehr unpractisch sein und einen Strom von sehr unbeständiger Stärke geben. Ich werde indessen zeigen, dass es möglich ist, die Ladung der einzelnen Zellen vorzunehmen, ohne deren gegenseitige Verbindung zu unterbrechen, ja sogar ohne den Strom zu hemmen, welchen die polarisirten Platten hervorbringen. Wie dieses erreicht werden kann, wird aus der Zeichnung (Fig. 6 Taf. XIX) erhellen.

Die Figur stellt sieben Gefässe vor, von denen jedes zwei Platinaplatten enthält; man denke sich die Gefässe mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Die Platinaplatten sind so verbunden, wie wenn es gälte, eine galvanische Batterie zu bilden; die zweite Platte im Gefässe 1 mit der ersten im Gefässe 2, die zweite in diesem mit der ersten im Gefässe 3 u. s. w. Nehmen wir an, dass alle Platten geladen sind, und dass die Platten, welche durch doppelte Linien bezeichnet sind, mit Wasserstoff geladen seien, so wird der ganze Apparat einen Strom geben, welcher von dem Wasserstoff durch die Flüssigkeit nach dem Sauerstoff geht, also von rechts nach links durch alle Gefässe und zurück in entgegengesetzter Richtung durch den Leiter, welcher die äussersten Gefässe verbindet.

Wenn man alsdann die Platinaplatten in einem einzelnen Gefäss (Gefäss 3 der Zeichnung) mit den Polen von einem galvanischen

Element dergestalt berührt, dass der Zinkpol die rechte, der Kohlenpol die linke Platte berührt, dann geht der von dem galvanischen Apparat entwickelte Strom in der Richtung *z k c d*, wodurch sich Wasserstoff auf der rechten und Sauerstoff auf der linken Platte ablagert, also auf den Platten, welche diese Stoffe schon im Voraus enthalten; die bereits vorhandene Ladung wird also durch Einwirkung des ladenden Stromes verstärkt. Der ladende Strom geht, wie gesagt, durch das Gefäss 3 in der Richtung von links nach rechts, also derjenigen entgegengesetzt, in welcher der von sämmtlichen Gefässen hervorgebrachte Strom durch jenes Gefäss gegangen sein würde. Dieser Strom wird indessen nicht unterbrochen, er strömt ungehindert von 4 nach 2 durch das galvanische Element gleichzeitig mit dem Strom, welcher dieses Element selbst hervorbringt.

Wenn nach einer kurzen Berührung der Pole des galvanischen Elements mit den Platten in dem Gefäss 3, deren Ladung vollendet ist, werden die Pole so gestellt, dass sie mit den Platinaplatten im nächsten Gefäss, also *z* mit *e* und *k* mit *d* in Berührung kommen. Die Platinaplatten im Gefässe 4 werden dadurch geladen, während der von den anderen Gefässen erzeugte Strom von 5 nach 3 durch das galvanische Element geht. Indem man so nach einander jedes Paar Platinaplatten mit einem galvanischen Element in Berührung bringt, hält deren Ladung an, ohne dass der Strom, welchen sie selbst hervorbringen, dadurch unterbrochen würde; denn das galvanische Element tritt gerade an die Stelle des Plattenpaares, welches durch den von dem Elemente hervorgebrachten Strom geladen wird.

Ein dergestalt construirter Apparat könnte also den Anforderungen genügen, welche an ihn gestellt werden, so weit es nämlich sich um Herstellung eines electrischen Stromes von hoher Spannung und constanter Stromstärke handelt; denn die Spannung wird hier von der Anzahl Plattenpaaren abhängen, und die Stromstärke wird eine constante sein, weil die Batterie sich fortwährend in demselben Zustande befindet, wenn die Pole des ladenden Elementes durch regelmässige Bewegung nach einander mit sämmtlichen Plattenpaaren in Verbindung gebracht werden. Gleichwohl würde ein solcher Apparat sehr unpractisch sein. Man würde nämlich nicht umhin können, eine grosse Anzahl von Gefässen anzuwenden, welche einen grossen Raum einnehmen, und die vielen Verbindungsdrähte gerathen leicht in Unordnung, was zur Folge haben könnte, dass der Apparat gerade

dann den Dienst versagte, wann er angewendet werden sollte. Auch würde die grosse Menge Platina den Apparat sehr kostspielig machen.

Ich habe die Aufgabe so gelöst, dass alle Gefässe und Verbindungsdrähte zwischen den einzelnen Platten vermieden werden, und dass die Platinaoberfläche auf die Hälfte derjenigen in der eben beschriebenen Combination reducirt wird. Der ganze Apparat wird dadurch zu einer sehr geringen Grösse reducirt, so dass eine als Linienbatterie für lange Telegraphleitungen dienende Batterie, deren electromotorische Kraft 100 Daniell-schen Elementen entspricht, nur den Raum eines Quadratfusses einnimmt. Ich habe dieses sehr wichtige Resultat dadurch erzielt, dass ich die Platinaplatten selbst als Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen benutzte, und sie wie zwei Platten wirken liess, so dass die eine Seite jeder Platte das positive Glied in der einen, die andere Seite das negative Glied in der nächsten Zelle repräsentirt. Wie dies ausgeführt wird, soll jetzt erklärt werden.

Detaillirte Beschreibung der Polarisations-Batterie.

Die Polarisations-Batterie besteht aus drei Haupttheilen, nämlich der eigentlichen Batterie, dem galvanischen Element, welches die Batterie ladet, und dem Vertheilungsapparate, durch welchen der von dem Elemente entwickelte electrische Strom nach einander, durch die verschiedenen Zellen in der Batterie geführt wird. Ich werde sie einzeln besprechen.

1) Die Batterie besteht aus einem offenen Holzkasten, *A*, Fig. 7, Taf. XIX, welcher mit Wachs ausgelegt ist, wodurch das Holz ganz unempfänglich für schwache Säuren und zugleich ein vollkommener Isolator für die Electricität wird. Dieser Kasten ist mit Hülfe von Platinaplatten (*p*, *p*), welche in die Seitenwand des Kastens befestigt sind, in eine grosse Anzahl paralleler Zellen eingetheilt. Die Zeichnung zeigt eine solche Batterie, von oben gesehen und halb so gross wie die, welche bei den bisher ausgeführten Apparaten angewandt wurde und welche zu Linienbatterien für Telegraphenstationen bestimmt sind; die innere Länge des Kastens beträgt 125 Millim., dessen Breite 40 Millim. und dessen Tiefe 80 Millim.

Der Abstand zwischen den Platinaplatten beträgt 5 Millim., so dass der Kasten in 25 Zellen mit 26 Platinaplatten eingetheilt ist, von welchen zwei unmittelbar neben den Endflächen des Kastens liegen. Da

die Platinaplatten in den Seiten und den Boden des Kastens eingelegt sind, so werden in dieser Weise wasserdichte Zellen gebildet, welche in keiner anderen leitenden Verbindung stehen als durch die Platinaplatte, welche zwei Zellen scheidet. Die Zellen selbst werden mit reiner verdünnter Schwefelsäure bis zu 5 Millim. vom Rande angefüllt. Diese Construction der Batterie bietet grosse öconomische Vortheile, denn eine sehr grosse Platinaoberfläche wird in einen kleinen Raum zusammengedrängt. Die Platten bilden nämlich selbst die Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen und die zwei Seiten derselben Platinaplatten gehören also zu zwei verschiedenen Zellen. Wenn man die Pole eines galvanischen Elementes mit den zwei Platten in Berührung bringt, welche die Wände einer Zelle bilden, und diese Berührung nach einander bei jeder Zelle vornimmt, indem z. B. der Zinkpol stets rechts von dem Kupferpole liegt, dann werden alle Platinaplatten auf ihrer linken Seite mit Wasserstoff und auf ihrer rechten mit Sauerstoff geladen sein. In der Zelle, welche in einem gegebenen Moment mit dem galvanischen Element in Verbindung steht, wird nämlich Wasserstoff auf der Platte entwickelt, welche die rechte Wand der Zelle bildet, aber selbstverständlich auf der Seite, welche der Zelle zugekehrt ist, welches die linke Seite der Platte sein wird.

Der Kasten, welcher die Platinaplatten enthält, ist in eigenthümlicher Weise zusammengesetzt. Es ist nämlich nicht leicht, Platinaplatten wasserdicht in einem Kasten anzubringen, welcher aus einem einzigen Stücke besteht. Ich hielt es desshalb für zweckmässig, die Wände und den Boden des Kastens durch Zusammensetzung eben so vieler Stücke zu bilden, wie der Kasten Zellen enthalten soll; diese Stücke haben eine Form wie in Fig. 5 Taf. XIX. Die Grösse des Ausschnittes entspricht der Grösse, welche man den Platinaplatten geben will, und die Dicke der so geformten Stücke bestimmt den Abstand, welchen man zwischen den Platinaplatten haben will. Diese flach ausgeschnittenen Holzplatten, deren Dicke bei den bisher ausgeführten Apparaten 5 Millim. betrug, werden Seite an Seite gestellt und werden an beiden Enden mit einer massiven Holzplatte geschlossen, welche die Endfläche des Kastens bilden wird, während alle Zweige *a* eine Seite des Kastens, die Zweige *c* die andere Seite und die Verbindungsstücke *b* den Boden des Kastens bilden. Indem der Kasten so zusammengesetzt wird, legt man eine Platinaplatte zwischen jedes Paar Holzplatten; die Platinaplatten haben eine viel grössere Breite als der Ausschnitt in den Holz-

platten, so dass sie bei Einlegung zwischen diese ein Paar Millimeter zwischen die Holzplatten an der Seite und am Boden des Kastens hineingehen, wodurch die Scheidung zwischen den einzelnen Zellen vollständig wird. Wenn das Ganze zusammengesetzt ist, werden die Endplatten gegen den übrigen Theil des Kastens durch ein Paar Bolzen, welche längs des Kastens gehen, gepresst; durch dies Verfahren wird derselbe vollkommen wasserdicht, so dass selbst nach Verlauf mehrerer Monate sich keine Spur einer Durchdringung der Flüssigkeit zeigt, welche die Zellen ausfüllt, und aus verdünnter Schwefelsäure besteht.

Jeder Apparat hat zwei solche Kasten A und B, jeder mit 25 Zellen, und entspricht also einer Batterie mit 50 Elementen; da aber die electromotorische Kraft jedes dieser Elemente 1,4 Mal die electromotorische Kraft des Daniell'schen Elementes ist, so wird jeder solche Apparat 70 Daniell'schen oder ungefähr 120 Smee'schen Elementen entsprechen.

Die angewandten Platinaplatten sind schwarz platinirt, wodurch ihre Ladungsfähigkeit bedeutend gehoben wird. Sie bieten eine sehr grosse Oberfläche, nämlich 32 Quadratdecimeter (über 3 Quadratfuss), und es ist selbstverständlich nothwendig, den Platinaplatten eine geringe Dicke zu geben, um den Apparat nicht zu kostspielig zu machen. Bei den construirten Apparaten betrug die Dicke $^1/_{20}$ Millimeter, welche genügt, da die Platten unbeweglich in dem Kasten sitzen, und keinem Druck oder Stoss ausgesetzt sind. Das Gewicht des Platinas für jede Batterie zu 50 Zellen beträgt 180 Gramm.

2) Das galvanische Element muss ein solches sein, welches im Stande ist, Wasser zu decomponiren, also entweder ein Zinkplatina- oder Zinkkohlen-Element mit Salpetersäure oder einer Mischung von Schwefelsäure und Chromsäure um das negative Glied. Es ist zwar nicht absolut nothwendig, dass das ladende Element Wasser decomponiren könne; denn man kann die Batterie mit einem Daniell'schen, ja sogar mit einem Wollaston'schen Elemente laden; aber die electromotorische Kraft der Batterie wird dann geringer ausfallen, weil die Ladung einen ganz anderen Charakter annimmt.

3) Der Vertheilungs-Apparat. Der electrische Strom, welchen das galvanische Element hervorbringt, soll in bequemer Weise nach einander durch die verschiedenen Zellen in der Batterie geführt werden, um dieselbe im Stande der Ladung zu erhalten. Dies geschieht wie folgt:

An einen flachen Ring *C* von einem isolirenden Stoffe ist eine so grosse Anzahl kurzer Metallstifte angebracht als die Batterie Zellen enthält. Diese Metallstifte *e e*, welche eine Länge von 15 Millimeter und eine Dicke von ca. $1^1/_2$—2 Millimeter haben, sind, wie die Zeichnung nachweist, radienförmig angebracht und liegen in gleich grossem Abstande. Jeder der Stifte ist mit einer Platinaplatte in der Batterie mit Hilfe eines dünnen Silber- oder Kupferdrahtes *o* verbunden, dessen eines Ende an die Platinaplatte, das andere an den Metallstift im Ringe gelöthet ist. Der Draht ist so an die Kante der Platinaplatte gelöthet, dass die Löthungsstelle nach Zusammensetzung der Batterie zwischen die einzelnen Holzplatten eingeschlossen ist, und also nicht mit der Säure in Berührung kömmt, welche die Batterie enthält.

Wenn die Batterie aus zwei Kasten besteht, enthält sie also zwei Platinaplatten mehr als Zellen vorhanden sind; aber die Zahl der Stifte ist nur gleich der Zahl der Zellen, weil nämlich einer der Stifte (*d*) mit zwei der Endplatten, einer in jedem Kasten, in Verbindung steht; während der diametral entgegengesetzte Stift in der Mitte durchschnitten ist und zwei gegenseitig isolirte Stifte bildet, von welchen jeder besonders mit einem der Pole in der Batterie verbunden ist, nämlich *a* mit der ersten Platte in *A*, und *b* mit der letzten Platte in *B*; mit diesen zwei Stiften stehen die hölzernen Klammern *a'* und *b'* in Verbindung, und diese repräsentiren also die Pole der Batterie.

Durch die Mitte des Ringes geht eine lothrechte Achse, welche oben zwei gegenseitig isolirte Arme *m* und *n* trägt, die in passender Weise mit den hölzernen Klammern *f* und *g* in leitender Verbindung stehen. Wenn die Leitungsdrähte von dem galvanischen Elemente bei *f* und *g* angebracht werden, dann repräsentiren die zwei Arme *m* und *n* die Pole des Elements; sie sind jeder mit einer Feder versehen und befinden sich in einem solchen Abstand von einander, dass wenn der eine einen der Metallstifte des Ringes berührt, die andere Feder den nächsten berührt. Der Strom geht also durch die Zelle, deren Platinawände mit den berührten Stiften in Verbindung stehen. Ist *n* der Kohlenpol und *m* der Zinkpol im Elemente, so wird, wenn wir unseren Standpunct im Centrum des Ringes nehmen, Wasserstoff an der rechten, Sauerstoff an der linken Wand der Zelle erscheinen, aber selbstverständlich auf der Seite der Platte, welche der Zelle zugekehrt ist. Wenn nun die Achse umgedreht wird, so werden nacheinander alle Platten mit dem einen Pole, und unmittelbar darauf mit dem anderen Pole des Elements

in Berührung kommen. Jede Platinaplatte wird demnach mit Wasserstoff auf ihrer linken Seite, und mit Sauerstoff auf ihrer rechten Seite geladen. Nach einer Umdrehung der Achse sind alle Platten geladen, und die Batterie ist im Stande, ihre Wirksamkeit zu beginnen.

4) Umdrehung der Achse. Soll die Batterie arbeiten, so muss die Achse in gleichmässiger Umdrehung erhalten werden, so dass die Ladung der Zellen regelmässig und ohne Unterbrechung vor sich geht. Die Schnelligkeit der Rotation muss höchstens eine Umdrehung in 2—3 Secunden betragen. Es bedarf also einer sehr langsamen, aber gleichmässigen Umdrehung.

Bei den Apparaten, welche ausgeführt sind, geschieht diese Umdrehung mit Hilfe einer kleinen electromagnetischen Maschine, deren Construction nicht unwesentlich von den bisher bekannten Maschinen abweicht. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich sehr langsam und gleichmässig bewegen kann, welches nothwendig ist, wenn die Maschine zu diesem Zwecke angewandt werden soll. Die Achse, an welcher die Arme *m* und *n* sitzen, ist zugleich die Achse der electromagnetischen Maschine, und die Bewegung ist vollkommen gleichmässig, wenn auch die Maschine nur eine Umdrehung in 6 Secunden macht. Uebrigens kann deren Gang in sehr einfacher Weise schneller oder langsamer gemacht werden.

Die Umdrehung der Achse kann übrigens in verschiedener Weise bewerkstelligt werden, z. B. durch ein Gewicht, ein Uhrwerk und dergleichen, so dass die erwähnte Maschine keinen integrirenden Theil des ganzen Apparates bildet. Ich werde desshalb hier keine detaillirte Beschreibung dieser Maschine geben, sondern behalte mir dieselbe auf eine spätere Mittheilung vor.

5) Die Eigenschaften des Stromes. Der von der Batterie erzeugte Strom ist continuirlich und constant, welches dadurch bewirkt wird, dass der Apparat in seiner Totalität ununterbrochen in demselben Zustande sich befindet. Zwar ist die Grösse der Ladung auf den einzelnen Platinaplatten in demselben Zeitpuncte nicht gleich; denn die Ladung eines Plattenpaares ist natürlich am grössten unmittelbar nachdem dasselbe geladen ist, und am kleinsten unmittelbar vor der nächsten Ladung; aber die Summe der Ladungsgrösse in allen Zellen ist zu jeder Zeit dieselbe.

Experimente haben ferner gezeigt, dass die electromotorische Kraft der Batterie zu jeder Zeit dieselbe ist. Durch Experi-

mente, welche ich einzeln beschreiben werde, habe ich die electromotorische Kraft für jede Zelle zu 1,4 Mal das Daniell'sche Element bestimmt. Daraus folgt, dass die Batterie stets dieselbe Stromstärke geben muss, wenn nur der Widerstand, welcher dem Batteriestrome geboten wird, stets derselbe ist.

Der Strom hat also constante Stärke, so lange der Ladeapparat im Gang ist; aber selbst nach Unterbrechung des ladenden Stromes dauert der Batteriestrom fort, doch mit gleichmässig abnehmender Stärke so lange, bis die Ladung von den Platten verschwunden ist. Selbst mehrere Minuten nach Unterbrechung des ladenden Stromes ist der Batteriestrom noch stark genug, um die Bewegung von Relais hervorzubringen, wenn der Strom zum Telegraphiren benutzt wird.

Der Strom bringt starke physiologische Wirkungen hervor, und er ist wegen seiner hohen Spannung sehr geeignet, chemische Scheidungen von Flüssigkeiten hervorzubringen, deren Leistungsfähigkeit für die Electricität nur gering ist.

Die in der Batterie vorhandene Ladung ist so gross, dass der Strom auch Glühe- und Schmelz-Phänomene hervorbringen kann. Dünne Eisendrähte von mehreren Centimeter Länge schmelzen plötzlich bei Berührung mit den Polen der Batterie.

Der Batteriestrom ist also in allen seinen Eigenschaften demjenigen gleich, welcher von gewöhnlichen galvanischen Batterien erzeugt wird.

6) Die Vorzüge der Polarisations-Batterie, im Vergleich mit galvanischen Batterien und Inductionsmaschinen sind folgende: Man kann durch die Polarisations-Batterie und ein galvanisches Element eine so grosse electromotorische Kraft wie verlangt wird, hervorbringen, wenn man die Batterie mit der nöthigen Anzahl Platinaplatten versieht; wo hingegen bekanntlich die gewöhnlichen Batterien einer sehr grossen Anzahl einzelner Elemente bedürfen, um dieselbe electromotorische Kraft hervorzubringen.

Die Polarisations-Batterie nimmt nur sehr wenig Raum ein im Vergleich mit der Batterie, welche nöthig sein würde, um denselben Strom, wie jene, hervorzubringen. Der Grundriss Fig. 7 Taf. XIX ist von der halben Grösse der Batterie, welche bestimmt ist als gemeinschaftliche Linien-Batterie der Telegraphen-Station in Kopenhagen zu dienen, und sie wirkt wie eine Batterie von 70 Daniell'schen Elementen. Ihre geringe Grösse macht es möglich, dass sie im Arbeits-

lokale selbst aufgestellt werden kann, anstatt im Keller oder anderen derartigen Räumlichkeiten, wo Batterien gewöhnlich aufgestellt werden.

Die Betriebskosten beschränken sich auf das Quantum, welches von dem ladenden Elemente verbraucht wird; denn die Batterie selbst verbraucht nichts. Das Wasser wird in seine Bestandtheile zersetzt, und diese vereinigen sich wieder zu Wasser, so dass die in den Zellen enthaltene Flüssigkeit nie erneut zu werden braucht. Zwar steht bei dieser ebenso wie bei den gewöhnlichen Batterien die entwickelte Arbeitsmenge im Verhältniss mit der verbrauchten Zinkmenge, und es würde also aus diesem Gesichtspuncte keine directe Ersparung an Zink stattfinden. Aber die Erfahrung zeigt, dass ein grosser, oft der bei Weitem grössere Theil des Zinks in den gewöhnlichen Batterien durch Nebenwirkungen aufgelöst wird, ohne einen Einfluss auf die Grösse des hervorgebrachten Stromes zu haben.

Es ist ferner nicht möglich, wenn man es mit einer so grossen Menge Elemente zu thun hat, wie zur Bildung gewöhnlicher Batterien erforderlich ist, die Beschaffenheit der einzelnen Elemente gehörig zu controliren und die wirkenden Flüssigkeiten einigermaassen vollständig zu benutzen, woraus sich ergiebt, dass der Verbrauch derselben um Vieles die Grösse übersteigt, welche zur Hervorbringung des Stromes angewandt wird.

Bei der Polarisations-Batterie arbeitet man dagegen mit einem einzelnen Elemente, welches man leicht in gutem Stande halten, und wobei man desshalb von den wirkenden Stoffen vollständigen Nutzen ziehen kann. So werden also hier nicht nur die Kosten für Conservirung um ein Bedeutendes vermindert, sondern es ist auch die Arbeit der Beaufsichtigung und Prüfung geradezu geringfügig, denn es handelt sich hier nur um ein einziges Element.

Im Vergleich mit den Inductions-Apparaten bietet die von mir construirte Batterie sehr wesentliche Vortheile. Durch die Electro-Inductions-Apparate werden ebenfalls electrische Ströme von hoher Spannung mit Hülfe eines Stromes von niedriger Spannung erzielt; aber der erzeugte Strom ist nicht continuirlich, er ist fast nur momentan und verändert fortwährend seine Richtung; sobald der Hauptstrom aufhört zu wirken, stocken auch die Inductionsströme. Dieses sind wesentliche Hindernisse bei practischer Anwendung dieser Ströme, welche einen Batteriestrom ersetzen sollen. Dasselbe gilt von den magnetoinducirten Strömen, die bei Umgestaltung der Arbeitsmenge

vorkommen, welche zur Bewegung der Maschine gebraucht wird; die so erzeugten Ströme sind momentan und verändern fortwährend ihre Richtung. Bei der Polarisations-Batterie dagegen verhält sich die Sache anders; sie giebt einen continuirlichen Strom von constanter Stärke, welcher nach Unterbrechung des leitenden Stromes nicht aufhört, sondern noch lange mit gleichmässig abnehmender Stärke fortwährt.

Historische Notizen. Die Kenntniss von den Phänomenen, welche der Polarisations-Batterie zu Grunde liegen, ist fast so alt wie die Bekanntschaft mit dem galvanischen Strome selbst. Schon im Jahre 1803, zwölf Jahre nachdem Galvani die Berührungselectricität entdeckt, oder drei Jahre nachdem Volta die erste Batterie, welche man „voltaische Säule“ nannte, gebaut hatte, beobachtete man die Polarisation von Metallplatten, welche dazu gedient hatten, den electrischen Strom durch Wasser zu führen. Im folgenden Jahre (1804) baute Ritter in München eine Säule, welche aus Metallplatten bestand, die durch feuchte Pappscheiben getrennt wurden. Diese Säule ist an und für sich unwirksam; aber dadurch, dass er die Enden der Säule mit den Polen einer galvanischen Batterie von hoher Spannung verband, lud er die ganze Säule auf einmal. Nach Entfernung der Leiter der Batterie von der Säule zeigte es sich, dass sie nun einen electrischen Strom hervorbringen konnte, dessen Richtung durch die Säule der entgegengesetzt war, in welcher der Batteriestrom sie passirt hatte. Die Stärke des von der Säule hervorgebrachten Stromes nahm indessen sehr schnell ab, und damit er auf's Neue entstehen konnte, musste die Säule mit der Batterie wieder in Berührung gebracht werden.

Da zur Ladung dieser Säule, welche „Ritter's Ladungssäule“ genannt wird, eine Batterie von hoher Spannung erforderlich ist, und ungefähr ebenso viele Elemente, wie die Säule Platten enthält, so musste eine solche Säule natürlich ohne allen practischen Nutzen bleiben; denn der von der Säule erzeugte Strom muss selbstverständlich von viel geringerer Wirkung als der der Batterie selbst sein.

Nach Verlauf von 20 Jahren, im Jahre 1844, figurirte die Ladungssäule wieder bei den Versuchen, welche Poggendorff in Berlin mit der galvanischen Polarisation anstellte. Während Ritter alle Platten in einer Säule auf einmal mit Hülfe einer starken Batterie geladen hatte, suchte Poggendorff die gleichzeitige Ladung mit Hülfe eines einfachen Elements zu bewerkstelligen. Um dies zu können, musste er der Ladesäule eine andere Form geben. Er brauchte eine Reihe

Gläser, von denen jedes zwei Platinaplatten enthält, also dieselbe Form, wie sie bei den gewöhnlichen galvanischen Elementen vorkommt. In der folgenden Figur bedeuten die Zahlen Platinaplatten:

[1 2] [3 4] [5 6] [7 8] [9 10]

Wenn ein solcher Apparat geladen werden soll, werden alle Platten mit ungleichen Zahlen gleichzeitig in leitende Verbindung mit dem einen Pol in dem galvanischen Element gesetzt, alle Platten mit gleichen Zahlen dagegen mit dem anderen Pole. Sind z. B. die ungleichen Zahlen mit dem Zinkpole in Berührung, so werden sie alle mit Wasserstoff geladen, während die anderen mit Sauerstoff geladen werden. Nach einer augenblicklichen Berührung werden alle diese Verbindungen aufgehoben, und es wird alsdann jede Platte mit gleichen Zahlen in leitende Verbindung mit der Platte gesetzt, welche die darauf folgende ungleiche Zahl trägt. Die Platten der Säule sind nun zu einer Batterie verbunden und der Strom wird durch den Schlussleiter gehen. Einen Augenblick darauf kann die Ladung erneut werden; man unterbricht dann wieder alle diese Verbindungen, und bewerkstelligt die erste, in welcher alle ungleichen Zahlen mit dem einen Pole in dem ladenden Elemente und die ungleichen mit dem andern u. s. w. verbunden sind.

Hieraus folgt, dass der Apparat, welcher diese zahlreichen und häufig wechselnden Verbindungen ausführen soll, ausserordentlich complicirt sein muss, wenn es gilt, Säulen mit einer grossen Anzahl Elemente anzuwenden. Aber dazu kommt noch, dass der Strom unterbrochen wird, so lange die Platten geladen werden, so dass man also keinen continuirlichen Strom erhält, und ferner, dass der Apparat in seiner Totalität vielfache Schwierigkeiten darbietet, unter welchen der zusammengesetzte galvanische Apparat zu leiden hat. Auch in dieser Form hat desshalb die Ladungssäule nie eine practische Bedeutung erlangt.

Einige Jahre früher construirte Grove in London eine Batterie, welche in ihrer Form sehr verschieden von der Ladungssäule ist, aber doch ihrem Wesen nach dieser sehr nahe steht, nämlich die sogenannte „Grove'sche Gasbatterie." Diese besteht ebenfalls aus einer Reihe Gefässe, von welcher jedes zwei Platinaplatten enthält; die verschiedenen Platten sind in Form einer Batterie verbunden. Die Platinaplatten waren nur zur Hälfte in Flüssigkeit getaucht. Diese Platten wurden dann geladen, aber statt sie durch einen electrischen Strom

zu laden, wie dies der Fall bei der Ladungssäule ist, schloss er die aus der Flüssigkeit hervorragenden Platinaplatten in Röhren ein, von welchen je zwei Wasserstoff, je zwei Sauerstoff enthielten. Die Platinaplatten verdichten diese Luftarten, laden sich also mit Sauer- und Wasserstoff und der Apparat ist nun in demselben Zustande wie die Ladungssäule. Die Batterie giebt einen constanten Strom; denn während die Luftarten durch ihre langsame Vereinigung verschwinden, nehmen die Platten fortwährend neue Luft aus der in den Röhren eingeschlossenen Luft. Aber die Gasbatterie giebt nur einen sehr schwachen Strom, welches seine Ursache in Folgendem hat. Die Platinaplatten saugen wohl Luft auf der ganzen Fläche ein, welche mit der in den Röhren eingeschlossenen Luft in unmittelbarer Berührung ist; aber der Theil der Ladung der Platte, welcher zur Hervorbringung der electromotorischen Kraft beiträgt, ist nur der, welcher in unmittelbarer Berührung mit der Flüssigkeit ist, und sich also gleich in der Oberfläche der Flüssigkeit befindet. Der Theil der Platinaplatten, welcher in die Flüssigkeit getaucht ist, spielt nur eine sehr untergeordnete Rolle; denn dieser kann nur wirken, indem er die Luft aufnimmt, welche von der Flüssigkeit eingesogen wird, und der Theil, welcher sich in grösserem Abstand über der Oberfläche der Flüssigkeit befindet, ist ganz ohne Wirkung. Es liegt also in der Natur der Sache, dass nur der Streif der Platte, welcher so zu sagen in der Oberfläche der Flüssigkeit liegt, der wirksame Theil derselben ist. Dies bewirkt, dass der Widerstand, welchem der Strom in der Gasbatterie begegnet, ausserordentlich gross wird, und daraus folgt denn auch die geringe Stromstärke, welche die Batterie hervorbringt, obgleich deren electromotorische Kraft gleich der der Ladungssäule mit derselben Anzahl Elemente ist.

Die Grove'sche Gasbatterie hat deshalb nie grosse practische Anwendung finden können, was auch nicht in der Absicht des Erfinders lag; denn in der Beschreibung seiner Erfindung spricht er es selbst aus, dass der Apparat keine practische Anwendung finden könne.

Vergleicht man nun mit der Ladungssäule und der Gasbatterie die von mir construirte Batterie, welche ich Polarisations-Batterie zur Unterscheidung von den eben beschriebenen nenne, so wird man sehen, dass die Polarisations-Batterie im Princip eine Gasbatterie oder eine Ladungssäule ist, deren Elemente successive durch Einwirkung eines electrischen Stromes ge-

laden werden; aber gerade dieser Unterschied, so gering er auch scheinen mag, macht die Polarisations-Batterie zu einem Apparate, welcher eine sehr grosse practische Bedeutung haben wird.

Die Polarisations-Phänomene waren 60 Jahre lang Gegenstand zahlreicher Untersuchungen von Seiten vieler Verehrer dieser Wissenschaft, und ich selbst habe mich viele Jahre lang mit Untersuchungen in dieser Richtung beschäftigt; aber bisher haben alle diese Untersuchungen nur ein dürftiges Resultat, selbst vom Standpuncte der Wissenschaft, geliefert; die Polarisations-Batterie ist also das erste practische Resultat auf diesem Gebiete. Man darf sich wundern, dass der Gedanke, welcher mir die Gewinnung dieses Resultates möglich machte, in der langen Zeit seit Erbauung der Ritter'schen Ladungssäule, Niemandem in den Sinn gekommen ist, wie auch, dass er mir erst in einem späteren Stadium meiner Untersuchungen kam; es ist aber eine allgemeine Erfahrung, dass man bei wissenschaftlichen Untersuchungen oft einen langen Umweg machen muss, um ein naheliegendes Ziel zu erreichen.

Zöllner's Astrophotometer.

Herr Dr. Zöllner, Privatdocent an der Leipziger Universität, hat vor Kurzem seine interessanten photometr. Arbeiten unter dem Titel: „Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Leipzig, Engelmann 1865" veröffentlicht. Das ganze Werk zerfällt in folgende Abschnitte: I. Vergleichende Kritik von Lambert's und Bouguer's Principien der Photometrie; II. Theorie der relativen Lichtstärke der Mondphasen; III. Methode und Resultate der Beobachtungen; IV. Ueber die physische Beschaffenheit der Himmelskörper.

Es liegt nicht im Zwecke unseres Repertoriums, den Inhalt dieser einzelnen Abschnitte näher zu besprechen, der Herausgeber glaubt jedoch dem Wunsche vieler seiner Leser nachzukommen, wenn er aus dem dritten Abschnitte Dasjenige hier folgen lässt, was sich auf die in Anwendung gebrachten Instrumente und Beobachtungsmethoden bezieht.

Zöllner hat sich zu seinen Beobachtungen zweier verschiedener Apparate bedient, welche sich wesentlich durch die Form der im Gesichtsfelde des Photometers verglichenen Bilder unterscheiden.

Bei der ersten Methode wird die Helligkeit zweier unmittelbar aneinander grenzenden Flächen, bei der zweiten dagegen diejenige von leuchtenden Puncten mit einander verglichen; erstere beruht auf dem bereits im Jahre 1857 von Zöllner mitgetheilten Principe[1]), letztere auf der Construction seines Astrophotometers[2]).

I.

Die Beschreibung des ersten Photometers, d. h. desjenigen, bei welchem die Gleichheit isochromatischer Lichtmengen an dem Verschwinden der Grenze zweier sich unmittelbar berührender Flächen erkannt wird, gibt nun Zöllner folgendermaassen:

1) Poggendorff's Ann. C. p. 381—394.

2) Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels.

Es stelle die Fig. 1, Taf. XXII einen verticalen Durchschnitt des Apparates dar, der um seine horizontale Axe *AB* in einem Stativ *C* drehbar ist.

Auf der horizontalen Axe befinden sich, wenn man von links nach rechts geht, der Reihe nach folgende Objecte:

a. die Flamme einer Petroleumlampe,

b. eine Convexlinse,

c. ein kleiner Silberspiegel.

Die verticale Axe *DE* durchschneidet folgende Theile des Apparates:

d. einen Polarisationsspiegel von schwarzem Glase, dessen Ebene senkrecht zu einer durch *DE* normal zur Papierfläche stehenden Ebene liegt und mit der Axe des Instrumentes den Polarisationswinkel für Glas macht,

e. eine planparallele, senkrecht zur Axe stehende Glasplatte,

f. einen Polarisationsspiegel von schwarzem Glase, welcher normal zur Ebene des Papieres steht und mit der Axe den Polarisationswinkel für Glas einschliesst,

g. eine Convexlinse,

h. ein Nicol'sches Prisma, welches um die Axe *DE* drehbar ist und dessen Lage an einem in 0,1 Grade eingetheilten Kreise *i* bestimmt werden kann.

Ist nun die Linse *g* für ein in *o* befindliches Auge auf die scharfe Kante des Spiegels *f* eingestellt, welche das kreisförmige Gesichtsfeld gerade halbiren möge, so sind die beiden Hälften des Feldes durch senkrecht zu einander polarisirte Lichtmengen erleuchtet, deren Intensitätsverhältniss durch das Quadrat der Tangente (resp. Cotangente) desjenigen Winkels gemessen wird, bei welchem, durch das Nicol'sche Prisma betrachtet, der Unterschied der beiden Hälften verschwindet und das Gesichtsfeld homogen erscheint.

Die Brennweite und Stellung der Linse *b* sind so regulirt, dass die von *a* durch ein 9 Millim. im Durchmesser fassendes Diaphragma *r* ausgehenden und von *c* nach *f* reflectirten Strahlen parallel auf die Netzhaut des Auges gelangen und daher die ganze, von *o* aus sichtbare Fläche des Spiegels *f* gleichförmig und intensiv beleuchtet erscheint.

In Fig. 1a, Taf. XXII ist noch eine Skizze der Seitenansicht von dem verticalen Theile des Photometers dargestellt, auf welche die zu

bestimmende Lichtmenge auffällt, bevor sie durch den Spiegel *d* polarisirt wird.

Der ganze Apparat lässt sich nun auch um die verticale Axe des Stativs drehen, so dass man der Hauptaxe *CD* jede beliebige Lage gegen den Horizont geben kann.

Man würde nun aber mit dem hier beschriebenen Photometer auf jede Vergleichung des Sonnen- und Mondlichtes verzichten müssen, wenn es nicht möglich wäre, durch ein sehr einfaches Mittel die Farbe der Flamme nahezu mit der Farbe des Sonnen- und Mondlichtes, die unter sich sehr nahe übereinstimmen, gleich zu machen. Es besteht dies Mittel darin, dass man das Lampenlicht durch eine Platte von blauem Kobaltglase gehen lässt, das man nach einiger Auswahl sehr bald von dem geeigneten Farbentone findet.

Die Vollkommenheit, mit der es hiedurch gelingt, die röthlich gelbe Farbe einer Flamme in das schönste Weiss zu verwandeln, überrascht namentlich, wenn man diesen Versuch am Tage, bei gleichmässig bedecktem Himmel, anstellt. Die alsdann der Flamme durch das blaue Glas ertheilte Farbe stimmt so vollständig mit derjenigen des Himmels überein, dass nur eine sehr genaue Vergleichung, wie sie das soeben beschriebene Photometer gestattet, kleine Farbenunterschiede erkennen lässt, die jedoch die photometrischen Bestimmungen innerhalb der hier erforderlichen Grenzen in keiner Weise beeinträchtigen. Selbstverständlich ist die Höhe der Sonne hiebei nicht gleichgültig, indem bei einigermassen niedrigen Stande derselben bereits die Farben der atmosphärischen Refraction ihren Einfluss geltend machen.

Bei dem beschriebenen Photometer ist das erwähnte blaue Glas auf der kreisförmigen Oeffnung (Fig. 1, Taf. XXII) des Blechmantels angebracht, welcher die Flamme, ausser dem Glascylinder, zur Abhaltung alles störenden Lichtes umgiebt.

Zur Regulirung der Flammenhöhe bediente sich Zöllner einer Methode, welche bei dem hier in Anwendung gebrachten grossen Diaphragma *r* von 9 Millim. Durchmesser weit genauer die Herstellung einer an verschiedenen Tagen gleichen Beleuchtung des Spiegels *f* gestattet als die bei kleinem Diaphragma angewandte Controle durch ein Fernrohr mit Fadenkreuz.

Das Verfahren besteht einfach in Folgendem. Vor dem Beginne der eigentlichen Beobachtung wurde zuerst das Photometer auf eine beliebige Lichtquelle eingestellt und alsdann, bei beliebiger Flammen-

höhe, die Gleichheit der beiden Hälften des Gesichtsfeldes durch Einstellung des Kreises bewirkt. Alsdann wurde die Flammenhöhe bei unverwandtem Blick in das Photometer solange verändert, bis sie ihr Maximum der Helligkeit zeigte, was sich sehr schnell und scharf in der angegebenen Weise erkennen lässt. Sobald nämlich hiebei die von einem platten (nicht cylindrischen) Dochte erzeugte Flamme eine gewisse Höhe überschreitet, kommt der unmittelbar am Dochte befindliche, dunkle Theil vor das Diaphragma und schwächt dem entsprechend die einfallende Lichtmenge. Zöllner hatte anfangs, gleichzeitig mit diesen Einstellungen, die Flammenhöhe mit Hülfe eines Kathetometers gemessen und fand, dass man durch die angeführte Methode beträchtlich genauer gleiche Lichtmengen erhält, als durch die Controle der Flammenhöhe mittelst eines Fernrohres.

Der Einfluss, welchen das öfter nothwendige Abschneiden des Dochtes auf den Glanz und die Gestalt der Flamme ausübt, ist vollkommen unmerklich, solange man nur einigermassen für Reinlichkeit und möglichst gleiche Form des Dochtes sorgt. — Bekanntlich ist bei Petroleumlampen nicht ein so häufiges Abschneiden des Dochtes erforderlich als bei Oellampen. Man kann mehrere Abende mit demselben Dochte beobachten, ohne während dieser Zeit eine merkliche Veränderung gewahr zu werden.

Ueber die sonstige Einrichtung der Lampe ist eigentlich nichts weiter zu bemerken, als dass man dieselbe durch den in der Zeichnung angedeuteten Glastrichter, sowohl mit Petroleum jederzeit speisen, als auch die Höhe des Niveaus der Flüssigkeit controliren kann.

Dass ein möglichst ruhiger Luftzutritt zur Flamme die Güte der Beobachtungen im Allgemeinen erhöhen muss, ist selbstverständlich.

In dieser Beziehung hat sich ein dünner Blechmantel, welcher unmittelbar unter der Flamme die den Luftzutritt gestattenden Theile der Lampe umhüllt, als sehr zweckmässig bewährt. Dieser Blechmantel hat vier röhrenförmige Ansätze, durch welche der Flamme Luft zugeführt wird. An diesen Ansätzen können auch, wenn eine sehr ruhige Flamme erforderlich ist, noch Gummischläuche befestigt werden, welche die Luft von einem gegen jede Luftschwankung vollkommen gesicherten Orte zur Flamme führen. Indessen muss alsdann durch entsprechende Erhöhung des Cylinders für stärkeren Luftzug gesorgt werden, da die in den Röhren sich bewegenden Luftmassen durch Reibung eine beträchtliche Verzögerung erfahren.

Jedoch auch ganz ohne diese Vorkehrungen lassen sich durch eine nur einigermassen vorsichtige Auswahl des Beobachtungslocals alle diese Störungen vermeiden und den Beobachtungen verschiedener Nächte jede nur wünschenswerthe Uebereinstimmung ertheilen.

Die Beobachtungen mit dem beschriebenen Apparate geschehen in folgender Weise: Zunächst wurde die matte Glasplatte *p* (Fig. 1a, Taf. XXII), auf welche die Sonnen- und Mondstrahlen von ihrer Polarisation durch den Spiegel *d* fallen mussten, entfernt, und alsdann die Axe *DE* des Photometers so gestellt, dass ein Auge in *o* das von dem Spiegel *d* reflectirte Bild der Sonne und des Mondes in der Mitte der einen Hälfte des Gesichtsfeldes erblickte. Hiebei musste die Wirkung der Linse *g*, welche auf *f* eingestellt ist, durch ein entsprechendes Convexglas vor dem Auge des Beobachters compensirt werden. Die Linse *g* ist nämlich deswegen eingeschaltet, um die kleinen Unebenheiten, welche selbst die feinsten, matt geschliffenen Glasplatten zeigen, verschwinden zu lassen und hierdurch die betreffende Hälfte des Gesichtsfeldes homogen zu machen.

Zur Abschwächung des Sonnenlichtes bediente sich Zöllner dreier über einander gelegter grauer Gläser (London smoke-glass), die er jedoch erst nach vielem Suchen von dem gewünschten reinen Grau erhielt. Indessen ist auch bei den angewandten Gläsern ein schwacher Stich in's Braungrüne nicht zu verkennen, welcher jedoch die hier erforderliche Genauigkeit der photometrischen Bestimmungen nicht weiter beeinträchtigte.

Bei Beobachtung der Sonne wurde dieses zusammengesetzte Blendglas auf die Glasplatte bei *e* gelegt, dagegen bei Mondbeobachtungen, zur Abschwächung des Lampenlichtes bei *b* befestigt (Fig. 1, Taf. XXII.)

II.

Bei dem soeben beschriebenen Photometer hatte das Auge über die Gleichheit zweier sich unmittelbar berührender Flächen zu entscheiden; es soll nun eine kurze Beschreibung des zweiten Photometers folgen, bei welchem an die Stelle der Flächen leuchtende Puncte mit einander verglichen werden.

Das Princip dieses Apparates ist im Wesentlichen dasselbe, welches Zöllner bei seinem früher gebrauchten Astrophotometer angewandt hat; es handelt sich nur darum, die Sonnen- und Mondscheibe auf geeignete Weise in sternartige Puncte zu verwandeln.

Es wird desshalb nicht ungeeignet sein, die Beschreibung des genannten ersten Astrophotometers hier einzuschalten. Das Wesen dieses Instrumentes ist Fig. 1, Taf. XXIII schematisch dargestellt[1]). *AB* stellt ein Fernrohr vor, an dessen unterem Theile in der Mitte eine planparallele Glasplatte *s* unter einem Winkel von 45° geneigt angebracht ist. Diesem durchsichtigen Spiegel gegenüber ist das Rohr seitlich durchbrochen, so dass einem Beobachter in *o* die in *a* befindliche feine Oeffnung, welche durch eine constante Lichtquelle *Q* erleuchtet wird, durch Reflexion, in der Axe des Fernrohres bei *a'* als Stern erscheinen muss. Durch Verschiebung des Objectivs in der Richtung der Längsaxe des Instrumentes kann man es leicht dahin bringen, dass die Vereinigungspuncte von parallel auffallenden Strahlen mit dem Bildpuncte *a'* genau in einer Ebene liegen, so dass man sowohl das gespiegelte, als auch das durch die Linse erzeugte Bild gleich scharf sehen muss und durch Bewegung des Rohres den leuchtenden Punct *a'* mit jedem anderen Objecte zur Deckung bringen kann.

In Fig. 2, Taf. XXIII ist der Durchschnitt der wesentlichsten Theile des ganzen Apparates in der halben natürlichen Grösse dargestellt. Die Bezeichnung der Haupttheile ist dieselbe wie in dem vorhergehenden Schema, so dass die Einrichtung des Instrumentes schon aus der Zeichnung deutlich hervorgehen wird. Nur die in der horizontalen Axe liegenden Theile bedürfen noch einer näheren Beschreibung.

Ein bei *a* durch eine ca. 2—4 Millim. weite kreisförmige Oeffnung eintretender Lichtstrahl hat auf seinem Wege bis zu der durchsichtigen Spiegelplatte *S* drei Nicol'sche Prismen *n'*, *n''*, *n'''* zu passiren.

Wird das Fernrohr *A* um seine horizontale Axe gedreht, so bleibt, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, die Lage sämmtlicher Prismen zur Spiegelplatte *S* unverändert die gleiche, so dass, wenn bei *a* vollkommen unpolarisirtes Licht eintritt, die Intensität der von den spiegelnden Flächen reflectirten Strahlen durchaus ungeändert bleibt. Vermittelst der Handhaben *F* und *F'* lässt sich der vordere Theil der Röhre mit den beiden Prismen *n'* und *n''* um die horizontale Axe drehen und die Grösse der Drehung an dem in 360° getheilten Kreise *KK'* mit Hilfe eines Nonius bis auf 6 Minuten ablesen. Dieser Kreis dient gleichzeitig dazu, um mit Hilfe des constant befestigten Index *J* die Höhe des beobachteten Gestirns zu bestimmen. Bei horizontaler

1) Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels. p. 13.

Stellung des Fernrohres zeigt dieser Index auf 0°, so dass man unmittelbar die Höhe des Sternes ablesen kann.

Die Alhidade *HH'* mit den Nonien *NN'* ist doppelt.

Während das Prisma stets eine unveränderte Lage zum Spiegel *S* behält, können mit Hilfe der soeben beschriebenen Einrichtung die beiden Prismen *n'* und *n''* gleichzeitig gedreht werden, so dass hierdurch die Intensität der vom Spiegel *S* (welcher durch eine Schraube *R* um seine verticale Axe drehbar ist) reflectirten Strahlen nach dem bekannten Cos.-Gesetze geändert wird. Die Prismen *n''* und *n'''* sind bei dem Apparate so gestellt, dass die Alhidade auf 0° zeigt, wenn die Hauptschnitte dieser Prismen senkrecht zu einander stehen, so dass also bei dieser Lage von dem Spiegel *S* gar kein Licht reflectirt wird und die Intensität der einfallenden Strahlen bei Drehung des vorderen Systems (mit den Prismen *n'* und *n''*) proportional den Sinusquadraten der abgelesenen Winkel geändert wird.

Das Colorimeter. Um nun auch die Farbe des bei *a* einfallenden Lichtes beliebig und nach einer allgemein vergleichbaren Ordnung verändern zu können, ist bei *q* eine senkrecht zur Axe geschliffene, links drehende Bergkrystallplatte angebracht; das Nicol'sche Prisma *n'* lässt sich vermittelst des Schraubenkopfes *PP'* um die horizontale Axe drehen. Aus der Theorie des circular-polarisirten Lichtes und der durch dasselbe in Bergkrystallplatten erzeugten Farben ist bekannt, dass bei Anwendung ein und derselben Lichtquelle die Qualität der Farbe durch die Dicke der Bergkrystallplatten und den Neigungswinkel der beiden Polarisationsebenen vollkommen bestimmt ist. Bei dem Zöllner'schen Apparate beträgt die Dicke der Bergkrystallplatte 5,150 Millimeter.

Es lässt sich nun zwar aus der Proportionalität zwischen der Dicke der Platte und dem Drehungswinkel der Polarisationsebenen jederzeit für eine bestimmte Farbe das Eintreten des Maximums dieser Farbe für verschiedene Dicken der Platten berechnen, so dass ein Beobachter nur diese beiden Data anzugeben braucht, um die Qualität der betreffenden Farbe genau und für jeden anderen Beobachter leicht herstellbar zu bestimmen. Indessen ist es eine aus der Theorie und Beobachtung bekannte Thatsache, dass bei sehr dünnen und sehr dicken Platten die Farbentöne blasser werden und daher der Färbung des einfallenden Lichtes ein grösserer Einfluss gestattet wird, als dies bei mittleren Dicken der Platte der Fall ist. Um also mit Berücksich-

tigung dieses Punctes eine allgemeine Vergleichbarkeit der mit verschiedenen Instrumenten angestellten Farbenbestimmungen zu ermöglichen, ist es nothwendig, conventionell eine bestimmte Dicke der Bergkrystallplatte festzusetzen. Zöllner schlägt hierzu die Dicke von 5 Millimetern vor. Kleine Abweichungen von dieser Normaldicke werden sich stets ohne merklichen Fehler nach dem oben erwähnten Proportionalitätsgesetze zwischen Dicke und Drehungswinkel corrigiren lassen. Um den Neigungswinkel der Hauptschnitte der beiden Prismen n' und n'' zu bestimmen, ist der in 100 Theile getheilte [1]) Kreis cc' auf die durch die Zeichnung veranschaulichte Weise mit dem Schraubenkopfe PP' in Verbindung gesetzt. Auf dem Rohre, welches das Prisma n'' trägt, sind an den gegenüber stehenden Puncten ii' zwei Messinglappen angebracht, von denen jeder einen Indexstrich trägt. Wenn diese Striche beziehungsweise auf 0^0 und 50^0 stehen, sind die Polarisationsebenen der beiden vorderen Prismen einander parallel, so dass man unmittelbar an dem Kreise cc' die Neigungswinkel dieser Ebenen ablesen kann. Die Angabe dieses Winkels ist aber bei der bekannten Dicke der Bergkrystallplatte ausreichend, um die Farbe der vom Spiegel S reflectirten Strahlen so genau und allgemein vergleichbar zu bestimmen, als es das Unterscheidungsvermögen des betreffenden Beobachters für Farbendifferenzen gestattet.

Vermittelst der Druckschraube r kann die Röhre mit dem Prisma n' in der mit dem Kreise cc' beweglichen Hülse festgestellt werden. Durch gleichzeitige Drehung der beiden Prismen n' und n'' mit Hülfe der Handhaben F und F' wird also nur die Intensität, nicht die Farbe geändert.

Da das von der Glasplatte S unter einem Winkel von 45^0 reflectirte Licht, wenn auch nicht vollkommen, so doch immer noch ziemlich stark polarisirt ist, so muss das Nicol'sche Prisma n''' zur Erreichung eines möglichst geringen Lichtverlustes eine solche Lage haben, dass die Polarisationsebene des auf die Glasplatte fallenden Lichtes parallel derjenigen Ebene ist, in welcher ein gewöhnlicher, von dieser Platte in derselben Richtung reflectirter Strahl polarisirt sein würde. Dies ist erreicht, wenn die kürzere Diagonale des Prismas parallel der Ebene der Glasplatte ist.

---

1) Die einzelnen Theile sind im entgegengesetzten Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers, also von rechts nach links gezählt.



Um das von der Hinter- und Vorderfläche der Glasplatte erzeugte doppelte Spiegelbild der feinen Oeffnung *a* der Ocularlinse möglichst nahe zu rücken und diese Bilder zugleich als Lichtpuncte ohne sichtbaren Durchmesser erscheinen zu lassen, ist bei *l* eine möglichst stark gekrümmte Concavlinse angebracht, welche dem beabsichtigten Zwecke auf das Vollkommenste entspricht. Die Oeffnung *a* wird hierdurch erstens bedeutend verkleinert, so dass die künstlichen Sterne in ihrem Aussehen den natürlichen vollkommen gleich werden[1]); zweitens wird aber auch das Bild der Oeffnung *a* durch die Concavlinse *l* dem Spiegel beträchtlich näher gerückt, so dass das reflectirte Doppelbild ebenfalls dem Oculare *o* genähert und dadurch eine allzugrosse Länge des ganzen Fernrohres vermieden wird.

Die Dicke der Spiegelplatte *S* beträgt c. 4 Millimeter. Der durch Reflexion von der Vorderfläche erzeugte künstliche Stern, welcher nach der beschriebenen Einrichtung des Apparates zur Rechten des Beobachters liegt, ist um weniges heller als der andere. Bei den Beobachtungen hat Zöllner den zu messenden Stern stets zwischen beide künstliche gebracht und ihn nur mit dem rechts befindlichen verglichen. Die Gegenwart des anderen und weniger hellen Sterns erleichtert die Bestimmungen sehr bedeutend, indem auf diese Weise gleichsam zwei Grenzen gegeben sind, innerhalb welcher die Intensität des zu messenden Sternes liegen muss. Bekanntlich ist auch das Gedächtniss für gewisse, nicht allzu bedeutende Intensitätsunterschiede sehr gross.

Um die Vergrösserung des Fernrohres und seine Helligkeit nach Maassgabe der zu bestimmenden Sterne verändern zu können, lässt sich der dem Objectiv zugelegene Theil bei *B* (Fig. 2, Taf. XXIII) abschrauben, um an dieser Stelle Auszüge mit anderen Objectiven aufsetzen zu können. Zöllner hat bei seinen Messungen drei verschie-

1) Diese Gleichheit ist bei geeigneter Einstellung des Colorimeters so vollkommen, dass sowohl Laien wie Astronomen, denen die Lage der künstlichen Sterne nicht bekannt war, diese ebenfalls für natürliche hielten und erst durch Intensitätsänderungen derselben von ihrer Täuschung überführt werden konnten. Zöllner hatte bei diesen Versuchen das Fernrohr nach sternreichen Gegenden gerichtet, um nicht durch die Nähe der beiden künstlichen Sterne ihren Ursprung zu verrathen. Ehe das Colorimeter mit dem Apparate verbunden war, wandte Zöllner ein blaues Kobaltglas von nicht allzu intensiver Färbung an, wodurch die Farbe der künstlichen Sterne auf überraschende Weise der mittleren Sternfarbe gleich gemacht wurde,



dene Objective angewandt, von denen die beiden grösseren in Papp-röhren befestiget waren, um bei der verhältnissmässig grossen Länge des oberen Theiles das Uebergewicht nicht zu bedeutend zu vermehren.

Zur Herstellung des Gleichgewichts war deshalb der ganze Ocular-ansatz, soweit es der Raum nur irgend gestattete, mit Blei ausge-gossen. Die Brennweiten und Durchmesser der besagten Objective sind folgende

	Brennweite	Durchmesser.
Object Nr. I.	10,5 par. Zoll	1,5 par. Zoll
„ Nr. II.	20 „ „	2,3 „ „
„ Nr. III.	38 „ „	2,6 „ „

Die Brennweite des Oculares beträgt 4,83 par. Zoll.

Mit dem Objectiv Nr. I lassen sich die Messungen bequem bis zu Sternen der 4. bis 5. Grösse ausdehnen, mit Object. Nr. II bis zur 6. bis 7. Grösse, mit Object. Nr. III bis zur 7. bis 8. Grösse. Zur Vergleichung von Sternen erster Grösse dürfte es vortheilhaft sein, ein Objectiv von noch kürzerer Brennweite als die von Nr. I anzuwenden, da das Maximum der photometrischen Empfindlichkeit des Auges bei gewissen mittleren Helligkeiten eintritt, welche für Sterne der ersten Grösse bereits überschritten sind, wenn das Objectiv Nr. I angewandt wird.

Zöllner hat daher die Beobachtung solcher Sterne in der Regel mit Anwendung eines Blendglases (London smoke glass) angestellt, welches vermittelst eines Schiebers nach Belieben vor das Objectiv gebracht und von demselben entfernt werden konnte.

Aus der beschriebenen Einrichtung geht hervor, dass die Ent-fernung der optischen Bilder des künstlichen Sternes von der Ocular-linse immer eine constante bleibt. Zöllner befestigte daher ein für sein Auge passendes Ocular *v w* (Fig. 2, Taf. XXIII) unveränderlich an der in der Zeichnung angegebenen Stelle. Für andere Beobachter konnte auf leichte Weise durch Anschrauben geeigneter Linsen an der Ocularöffnung *o* die erwünschte Deutlichkeit erzielt werden. Es wird durch diese Einrichtung bei der grossen Brennweite der Ocular-linse ein unverhältnissmässig langer Auszug erspart, welcher sonst für verschiedene Augen erforderlich wäre. Zur bequemen Beobachtung von Zenithalsternen ist an der Ocularöffnung ein Reflexionsprisma angebracht.

In Bezug auf die Elimination des störenden Einflusses verschie-dener Helligkeiten des Himmelsgrundes sei bemerkt, dass dieser Ein-

fluss bei dem beschriebenen Instrumente durch die Durchsichtigkeit der Spiegelplatte *S*, auf welcher sich die künstlichen Sterne projiciren, vollkommen beseitigt ist, denn es befinden sich hierdurch die Vergleichssterne mit den verglichenen immer auf demselben Grunde.

III.

Bei den neueren Untersuchungen nun hatte Zöllner, wie bereits bemerkt wurde, nöthig, die Sonnen- und Mondscheibe auf geeignete Weise in sternartige Puncte zu verwandeln.

Dies wurde in folgender Weise bewerkstelligt. Auf der Axe *AB* des Verticaldurchschnittes des in Fig. 2, Taf. XXII dargestellten neuen Apparates befindet sich bei *a* an Stelle des Objectivs eine kleine Convexlinse von nur 12 Millim. Brennweite. Das hierdurch bei *a'* erzeugte kleine Sonnenbild sendet seine Strahlen auf eine zweite Convexlinse bei *b*, welche ein zweites reelles Bild bei *b'* erzeugt. Dieses Bild gleicht vollkommen einem Sterne, ohne jeden wahrnehmbaren Durchmesser.

Um nun die bei *a* einfallenden Strahlen messbar abzuschwächen, sind bei *C* und *C'* zwei Nicol'sche Prismen angebracht, von denen das letztere *C'* in unveränderlicher Lage befestigt ist, das erstere *C* dagegen mit dem ganzen vorderen Theile der Objectivröhre um die Axe *AB* drehbar ist. Die gegenseitige Lage der beiden Prismen kann an dem Kreise *dd'* abgelesen werden.

Die übrigen Theile des Apparates sind genau dieselben wie die des oben beschriebenen Astrophotometers. Es ist *ee'* die planparallele Glasplatte, welche das durch die Convexlinse *f* erzeugte Bild des künstlichen Sternes nach *g* reflectirt; *h*, *i*, *k* sind Nicol'sche Prismen, von denen *h* in unveränderlicher Lage zum Spiegel *ee'* befestigt ist, wogegen *i* und *k* gleichzeitig um die Axe *CD* gedreht werden können. Die Lage des Prismas *i* und *h* kann an dem Kreise *nn'* abgelesen werden. Die senkrecht zur Axe geschliffene Bergkrystallplatte *l* und das Prisma *k* dienen dazu, dem künstlichen Sterne in *g* jede beliebige Farbe zu ertheilen, wie dies oben beschrieben wurde.

Bei *m* ist noch eine Concavlinse von sehr kleinem Krümmungshalbmesser eingeschaltet, um die Oeffnung des durch die Flamme *F* erleuchteten Diaphragmas *o'* möglichst zu verkleinern.

Ein wesentliches Erforderniss bei den Beobachtungen mit diesem Apparate ist die gleiche Entfernung der beiden Bilder *g* und *b'* vom Auge in *o*, wo sie bei der kleinen Apertur des Objectivs von nur

2,5 Millimeter dem Beobachter auf vollkommen dunklem Grunde erscheinen. Zu diesem Zwecke lässt sich das Nicol *C'* mit der Linse *b* in der Richtung der Axe *AB* vorschieben.

Um nun hiebei ein Kriterium für die Gleichheit der Entfernungen der Bilder *g* und *b'* vom Auge zu haben, vertauschte Zöllner die Ocularröhre mit einem Mikroskop und verschob alsdann die Linse *b* so lange, bis beide Bilder gleich deutlich erschienen.

Bei den Beobachtungen selber wurden diese Bilder mit vollkommen gegen alles störende Licht geschütztem Auge betrachtet, ohne hierbei eine Ocularlinse anzuwenden. — Zu bemerken ist, dass der von der künstlichen Lichtquelle — der oben beschriebenen Petroleumlampe — erzeugte Stern durch Reflexion von der Vorder- und Hinterfläche der Glasplatte *ee'* im Gesichtsfelde doppelt erschien, jedoch bei der Dicke jener Platte von 4 Millim. in solchem Abstande, dass das von der Sonne oder dem Monde erzeugte sternartige Bild zwischen jene Bilder fiel und nur mit dem von der Vorderfläche reflectirten künstlichen Sterne verglichen werden konnte.

Zur Abschwächung des Sonnenlichtes wurde bei diesem Apparate vor der Objectivlinse bei *a* ein aus 7 grauen Gläsern bestehendes Blendglas befestigt; diese sieben Gläser waren in zwei Theile zu 3 und 4 Gläsern getheilt.

Um auch Uranus und Neptun in das Bereich photometrischer Bestimmungen zu ziehen, war es erforderlich, dem Photometer eine solche Gestalt zu geben, dass es sich bequem mit jedem parallactisch montirten Fernrohre, auch dem grössten, auf eine einfache Weise vereinigen lässt.

Diese Einrichtung ist auf Taf. XXIV dargestellt. Wie die Lichtquelle mit dem Mittelstücke des Photometers verbunden ist, lässt sich unmittelbar aus der Figur entnehmen. *G* und *G'* sind zwei cylindrische Glasgefässe, welche durch eine Röhre, die innerhalb der Messinghülse *HJ* liegt, mit einander communiciren. Bei *G* wird das Petroleum hineingegossen, so dass hierdurch der im Gefäss *G'* befindliche Docht der Flamme gleichzeitig mit Flüssigkeit gespeist wird. Die Röhre *HJ*, welche die Petroleumlampe trägt, ist vermittelst der beiden Messingstäbe *E* und *E'* aufgehängt und leicht um die Axe *AB* drehbar. Die Cylinderöffnung *c*, durch welche das Licht der Flamme in den Apparat gelangt, ist so gestellt, dass die Axe *AB* möglichst genau

durch das Centrum der Oeffnung *c* geht. Bei *e* ist ein ziemlich langes und tiefgeschnittenes Schraubengewinde angebracht, mit dem das Photometer in der Ocularröhre eines Fernrohres nur so weit eingeschraubt wird, dass der ganze Apparat noch eine freie und leichte Beweglichkeit um die Axe *CD* behält.

Durch diese zweifache Beweglichkeit um die Axen *AB* und *CD* ist nun offenbar stets eine verticale Stellung der Petroleumlampe bedingt, mag das Photometer an einem parallactisch montirten oder an einem anderen Fernrohre befestigt sein. Selbstverständlich muss durch entsprechend angebrachte Gewichte für ein gehöriges Balancement gesorgt sein.

Das Bild des künstlichen Sternes liegt bei der angegebenen Einrichtung bei *c*, also vor der Glasplatte *e' e'*, was durch Anwendung der Convexlinse *a* erreicht wird, die sich durch eine Schraube *b* gegen die Glasplatte verschieben lässt. Man ist hierdurch im Stande, das Bild des künstlichen Sternes in gleiche Entfernung vom Ocular mit den im Gesichtsfelde befindlichen Bildern der natürlichen Sterne zu bringen.

Da die durch das Ocular *d* beobachteten Objecte vergrössert werden, so muss durch mehrfach über einander gelegte Concavlinsen von starker Krümmung für eine möglichst starke Verkleinerung der Oeffnung des Diaphragmas gesorgt werden, so dass die Bilder der künstlichen Sterne bei *c* ein vollkommen gleiches Ansehen mit den natürlichen Sternen bewahren. Durch das angegebene Mittel ist dies in der befriedigendsten Weise gelungen. Als Ocular wandte Zöllner hiebei eine einfache Linse von circa 1,7 Zoll Brennweite an.

Das so eingerichtete Photometer wurde nun am sechsfüssigen Refractor der Leipziger Sternwarte angebracht, und mit diesem Instrumente zunächst das Helligkeitsverhältniss von Uranus und Neptun bestimmt. Taf. XXV gibt eine Abbildung des Refractors mit dem daran befestigten Photometer. Zöllner konnte noch bequem Sterne 9ter bis 10ter Grösse photometrisch bestimmen, so dass von jetzt an der Ausdehnung photometrischer Beobachtungen auch für die schwächsten Objecte, welche wir mit unseren optischen Instrumenten noch wahrnehmen können, nichts mehr hindernd im Wege steht.

Ueber den neuen Windmesser der Pariser Sternwarte.

(Aus dem Bulletin International de l'Observatoire Impérial de Paris. 1865. Juillet 25.)

Das registrirende Anemometer, welches seit Kurzem an der Pariser Sternwarte aufgestellt ist, unterscheidet sich von den gewöhnlich gebrauchten in einigen Puncten; es wurde von Herrn Salleron nach den Zeichnungen des Herrn Marié Dary (Chef du Service Météorologique) construirt.

Das Registriren der Richtung und Stärke (Geschwindigkeit) des Windes auf ein und dasselbe Blatt Papier bietet Schwierigkeiten, welche bisher nur auf sehr unvollständige Weise gelöst wurden. Bei dem Anemometer des Observatoriums werden desshalb die Richtung und Geschwindigkeit des Windes auf zwei getrennten Theilen desselben Apparates registrirt. Die Geschwindigkeit des Windes wird dabei mittelst des Robinson'schen Anemometers registrirt, die Richtung des Windes dagegen durch folgende Vorrichtung.

Die Stange *G G* (Fig. 1, Taf. XXVI) der alten Windfahne des Observatoriums führt mittelst einer Art Kurbel ein gezahntes Rad *A*, dessen Mittelpunct mit der Axe der Stange zusammenfällt. Da es nämlich erforderlich ist, der Windfahne die grösstmögliche Leichtigkeit der Bewegung zu ertheilen, so wurde diese Verbindungsweise gewählt, weil sie den Vortheil hat, dass die Reibung dabei sehr gering ist. Das Rad *A* greift in ein gleich grosses, gezahntes Rad *B* ein, welches auf seiner Axe eine Zinkplatte *P* trägt, auf die man das zum Registriren der Windrichtung bestimmte Papier legt. Ein Bleistift *S*, der an einem auf Schienen beweglichen Schlitten *C* befestigt ist, kann diese Platte vom Centrum bis zum Umfang durchlaufen; er beschreibt eine gerade Linie, wenn sich die Platte in Ruhe befindet, er zieht dagegen eine complicirte Curve, wenn die Platte sich um ihre Axe dreht, indem sie den verschiedenen Richtungen des Windes folgt. Da die Räder *A* und *B* einen gleich grossen Durchmesser besitzen, so

dreht sich die Platte P stets um denselben Winkel wie die Windfahne; kommt nach mehreren Oscillationen die Windfahne wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück, so befindet sich auch der Bleistift wieder an derselben Stelle wie am Anfange. Der Wind kann in einem Tage eine beliebige Anzahl von vollständigen Umläufen durchmachen, ohne dass der Bleistift die Grenzen des Papiers überschreitet, was nur statthaben kann, wenn man das Papier auf eine um ihren Mittelpunct drehbare Scheibe oder auf einen Cylinder bringt, der von der Windfahne selbst geführt wird.

Der Bleistift ist mit einem Schlitten verbunden, der durch eine Schraube ohne Ende VV fortgeführt wird; diese Schraube wird durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt und durchläuft 72 Millimeter in 24 Stunden. Der Stift ist kein gewöhnlicher Bleistift, sondern aus Kupfer, und das Papier, auf dem er aufsitzt, ist mit einer Zinkoxydschicht überzogen; es wird so die Zeichnung des Kupferstiftes sehr deutlich sichtbar.

Wir geben durch (Fig. 2, Taf. XXVI) ein Facsimile der Zeichnungen dieses Apparates. Die Curven entsprechen der Zeit zwischen dem 6. Juli 3 Uhr Abends und dem 7. Juli 3 Uhr Abends; man kann hier sehr deutlich die Aenderungen in der Windrichtung verfolgen, welche dem Gewitter vorausgingen, das sich um 1 Uhr Morgens am 7. Juli zu Paris entladen hat.

Am 6. um 3 Uhr als die Registrirung begann, kam der Wind aus SSO und wehte aus dieser Richtung bis gegen 6½ Uhr; dann drehte er sich nach W und hierauf nach NW. Um 10 Uhr kam der Wind aus OSO, dann aus N, er ging nun nach WNW und später WSW zurück. Um 1½ Uhr, als sich das Gewitter entlud, war die Windrichtung WSW und diese Richtung behielt der Wind bis 3 Uhr Morgens. Als das Gewitter sich dann entfernt hatte, drehte sich der Wind nach WNW, ging aber bald wieder zurück; um 7 Uhr Morgens war er S und um 8 Uhr SW. Von da wehte er am ganzen Morgen aus dieser Gegend und die Veränderungen boten nichts Bemerkenswerthes dar.

Ueber die persönlichen Gleichungen bei Beobachtungen derselben Erscheinungen durch verschiedene Beobachter.

Von

R. Radau in Paris.

Die jüngst bekannt gewordenen Arbeiten von Plantamour und Hirsch in Genf, sowie von Wolf in Paris haben von Neuem die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt auf die Fehler gelenkt, deren Ursprung physiologischer Natur ist, die von der Individualität des Beobachters abhängen und namentlich grossen Einfluss auf die astronomische Zeitbestimmung ausüben. Man wird desshalb, wie wir glauben, nicht ohne Interesse eine kurze historische Uebersicht lesen, welche die Frage von den persönlichen Fehlern und die Hilfsmittel behandelt, die man bisher angewendet hat, um die Beobachtungen davon frei zu machen.

Wir finden die Geschichte der Entdeckung der persönlichen Fehler oder persönlichen Gleichungen sehr detaillirt in dem Berichte von Peters über die Bestimmung der Längendifferenz zwischen Altona und Schwerin, welcher Bericht im Jahre 1858 geschrieben und im Jahre 1861 veröffentlicht wurde.[1]) Wir wollen mit einem Auszuge hieraus beginnen.

Die Entdeckung der persönlichen Gleichungen rührt von dem berühmten Bessel her. Dieser grosse Astronom wurde darauf geführt durch eine Bemerkung von Maskelyne, welche sich in dem Jahrgange 1795 der Annalen der Greenwicher Sternwarte findet.[2]) Maskelyne beklagt sich an dieser Stelle darüber, dass sein Gehilfe, der Doctor Kinnebrook, die Durchgänge der Sterne über die Meri-

---

1) Ueber die Bestimmung des Längenunterschiedes etc. von C. A. F. Peters. Altona 1861 in 4°.

2) Siehe auch die Zeitschrift für Astronomie von Lindenau und Bohnenberger. Vol. II. 1816.

dianfäden um einige Zehntel einer Secunde später beobachtet als er selbst. Im Jahre 1794 und am Anfange von 1795 war die Differenz Null, aber im August 1795 fing Kinnebrook an, um $0^s,5$ zurückzubleiben, und im folgenden Jahre war die Differenz der beiden Beobachter schon auf $0^s,8$ gestiegen. Da sich nun nicht voraussehen liess, dass der Gehilfe wieder auf eine genaue Beobachtungsmethode zurückkommen werde, sagt Maskelyne, so sah er sich veranlasst, denselben zu entlassen. Nach seiner Idee hatte Kinnebrook nicht mehr nach der guten Methode beobachtet, welche darin besteht, genau die Lagen des Sternes in den beiden Momenten zu markiren, wo man den Stern beim letzten Pendelschlag vor und beim ersten nach dem Durchgange wahrnimmt, und durch Vergleichung der Abstände des Sternes vom Faden das Zehntel der Secunde zu schätzen, welches diesem Durchgange selbst entspricht. Maskelyne vermuthete, dass sein Gehilfe nicht diese an allen Observatorien damals gebräuchliche Methode, sondern ein ihm persönlich eigenthümliches Verfahren befolgt habe; er dachte keinen Augenblick daran, dass hier eine physiologische Erscheinung auftrete, die nicht in der Willkür des Beobachters liegt, und diese seine Ansicht wurde auch von allen Astronomen getheilt bis zu der Zeit, wo Bessel anfing, sich mit der vorliegenden Frage zu beschäftigen.

Der berühmte Königsberger Astronom, erstaunt über die von Maskelyne berichteten Umstände, machte sich sogleich daran, die persönlichen Gleichungen mit dem Scharfsinn und der umständlichen Sorgfalt zu studiren, die allen seinen Arbeiten aufgeprägt sind. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in der 8. Abtheilung der Königsberger Beobachtungen enthalten. Man findet dort die Personal-Gleichungen zwischen Bessel, Argelander und Walbeck bestimmt aus Durchgangsbeobachtungen mittelst einer Uhr, die Secunden schlägt; ferner eine Beobachtungsreihe, welche den Zweck hat zu verificiren, ob die Personalgleichung mit der Zeiteinheit der Uhr veränderlich ist; endlich Untersuchungen über den Einfluss der in Anwendung gebrachten Vergrösserung, über die Veränderungen, welchen die Personalgleichungen mit der Zeit unterliegen, sowie über die Unterschiede, welche an den Tag treten, wenn man plötzlich eintretende Erscheinungen wie die Sternbedeckungen beobachtet, u. s. f.

Die Vergleichung der mit einem Secundenpendel von Bessel, Argelander, Walbeck und W. Struve beobachteten Durchgänge

liess unmittelbar sehr beträchtliche Unterschiede erkennen. Es zeigte sich, dass Bessel immer früher beobachtete als die drei genannten Astronomen. Im Jahre 1820 beobachtete er $1^{s},04$ vor Walbeck, und im Jahre 1823 um $1^{s},22$ vor Argelander. Da er wusste, dass Walbeck im Jahre 1821 zu Dorpat um $0^{s},24$ später als W. Struve und Argelander im Jahre 1823 um $0^{s},20$ später als Struve beobachtete, so schloss er daraus, dass Struve im Jahre 1821 um $0^{s},80$ und im Jahre 1823 um $1^{s},04$ später beobachtete als er selbst (Bessel). Indem er die beiden directen, in den Jahren 1814 und 1834 ausgeführten [1]) Vergleichungen hinzuzog, fand sich für die Differenz zwischen Struve und Bessel

Im Jahre 1814,8	Struve — Bessel	= $0^{s},04$	(direct)
1821,1	„ „	= 0, 80	(indirect).
1823,5	„ „	= 1, 02	(indirect).
1834,5	„ „	= 0, 77	(direct).

Die Veränderlichkeit dieser Unterschiede ist sehr frappant. Ihre Grösse liess keinen Zweifel über ihr reales Vorhandensein übrig, und dieser Umstand wirkte sehr günstig, denn die Astronomen wurden so veranlasst auf diese gewichtige Fehlerquelle ihr Augenmerk zu richten und stets die Personalgleichungen der Beobachter zu bestimmen, bevor sie die Beobachtungen derselben benützten. Unterschiede von der Grösse wie die zwischen Maskelyne und Kinnebrook, oder zwischen Bessel und einigen anderen Astronomen sind übrigens durchaus nicht selten. So wurde am 7. und 8. October 1833 die Personalgleichung von Wolfers und Nehus auf der Altonaer Sternwarte bestimmt; der eine beobachtete stets die Durchgänge an den fünf ersten, der andere an den fünf letzten Fäden. Es fand sich, dass Wolfers stets früher als Nehus beobachtete und zwar war die Differenz

1833. October 7.	Nehus — Wolfers	= $0^{s},62$	aus 20 Vergleichungen.
— 8.	„ „	= 0 ,84	„ 20 „

Professor Gerling notirte im Jahre 1837 die Stern-Durchgänge um $0^{s},78$ später als Nicolai. [2]) Diese Personalgleichung wurde aus 72 Beobachtungsreihen an 5 Fäden bestimmt, wovon Nicolai und Gerling abwechselnd der eine drei der andere zwei nahm.

Im Jahre 1854 notirt Rogerson an der Greenwicher Sternwarte die Durchgänge um $0^{s},70$ früher als Main.

1) Königsberger Beobachtungen, Sect. XX. p. 31.

2) Astronom. Nachrichten XVI p. 201.

Zu den Astronomen, welche die Passagen am besten notirten, muss man also rechnen Maskelyne, Bessel, Wolfers, Nicolai, Rogerson. Es ist richtig, dass die meisten der Astronomen um $0^s,7$ bis $1^s,0$ später als diese beobachteten, allein dies beweist keineswegs, dass sie schlecht beobachteten, und Encke hat jedenfalls mit Unrecht die Behauptung aufgestellt, dass Bessel allein um eine Secunde zu früh gegenüber allen anderen Astronomen beobachtete. Es ist wahrscheinlich, sagt Bessel in seiner Abhandlung, dass Maskelyne viel besser mit mir als mit Struve, Walbeck und Argelander übereingestimmt hätte, denn wenn man das Gegentheil voraussetzt, so hätte man zwischen mir und Kinnebrook eine Differenz von nahe 2 Secunden annehmen müssen, was sicher zu gross ist als dass man es für möglich halten könnte.

Die Annalen der Greenwicher Sternwarte enthalten von 1838 bis 1854 sehr interessante Daten über die Personalgleichungen, welche die alte Beobachtungsmethode zuliess. In Greenwich werden die Beobachtungen abwechselnd von mehreren Beobachtern angestellt, welche sich im Laufe des Tages ablösen. Airy hat nun die Resultate, welche von jedem einzelnen Beobachter erhalten wurden, in Gruppen vereinigt und die Mittel dieser Gruppen auf denselben Zeitpunct im Laufe des Tages reducirt, indem er daran den Gang der Uhr anbrachte (der unabhängig von den Personalgleichungen bestimmt wurde). Er erhielt so vergleichbare Tafeln der Fehler der Uhr, wie sie von verschiedenen Beobachtern bestimmt wurden, und die Differenzen der individuellen Resultate gaben ihm die Personalgleichungen dieser letzteren. So sind z. B. für das Jahr 1850 die Personalgleichungen der Greenwicher Astronomen, wenn man bei der Vergleichung von Dunkin ausgeht:

Dunkin	— Main	+ $0^s,03$
„	— Henry. . . .	— 0,08
„	— Ellis	+ 0,15
„	— Rogerson . .	+ 0,48
„	— Ferguson . .	+ 0,01
„	— Glaisher . .	— 0,04
„	— Henderson .	+ 0,26

Es folgt daraus, dass zwischen Henry nnd Rogerson der Unterschied der beobachteten Meridiandurchgänge im Jahre 1850 auf $0^s,56$ stieg; zwischen Main und Rogerson auf $0^s,43$ etc.

Seit 1846 hat Airy versucht, die wahrscheinlichsten Werthe der Personalgleichungen seiner Astronomen zu bestimmen, indem er alle Combinationen der beobachteten Mittelwerthe zu je zweien nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelte; diese Arbeit wurde von Peters auch für die Jahre 1841—1845 weitergeführt. Folgende sind die Werthe, welche zwei dieser Gleichungen (es sind dies diejenigen, denen die meisten Beobachtungen zu Grunde liegen) im Laufe von 13 Jahren ergeben haben:

1840.	Main-Rogerson	= — 0ˢ,15		
1841.	„ „	= + 0,08	Main-Henry	= — 0ˢ,09
1842.	„ „	= . . .	„ „	= — 0,01
1843.	„ „	= + 0,20	„ „	= — 0,02
1844.	„ „	= + 0,18	„ „	= — 0,05
1845.	„ „	= + 0,20	„ „	= — 0,12
1846.	„ „	= + 0,26	„ „	= — 0,05
1847.	„ „	= + 0,35	„ „	= — 0,03
1848.	„ „	= + 0,37	„ „	= — 0,04
1849.	„ „	= + 0,39	„ „	= — 0,05
1850.	„ „	= + 0,45	„ „	= — 0,11
1851.	„ „	= + 0,47	„ „	= — 0,11
1852.	„ „	= + 0,63	„ „	= 0,00
1853.	„ „	= + 0,70	„ „	= + 0,03

Man sieht, dass die Differenz zwischen Main und Rogerson im Verlaufe von dreizehn Jahren um 0ˢ,85 zunimmt, während die Differenz mit Henry fast ganz constant bleibt.

Diese Beispiele genügen, um zu zeigen, dass die Personalgleichungen ganz eigenthümlichen Veränderungen unterworfen sind.

Ich lasse noch die Personalgleichungen der Pulcowaër Astronomen für das Jahr 1844 nach O. Struve folgen

O. Struve — Döllen	+ 0ˢ,22
„ — W. Struve	— 0,09
„ — Petersen	— 0,24
„ — Henry (von Greenwich) .	— 0,40

Man sieht daraus, dass Henry im Jahre 1844 um 0,ˢ62 später als Döllen, und im Jahre 1853 um 0ˢ,67 später als Rogerson beobachtete.

Bei den Beobachtungen plötzlich eintretender Erscheinungen sind die Personalgleichungen in der Regel sehr verschieden von denen,

welche für die Durchgangsbeobachtungen statt haben. Es hat schon Bessel auf diesen Umstand hingewiesen.

Diese Arten von Beobachtungen können in verschiedener Weise angestellt werden. Bessel zählte die Schläge des Pendels wie gewöhnlich und schätzte nach dem Gehör das Zehntel, welches dem Momente der Beobachtung entsprach. Viele Astronomen ziehen es vor, sich dabei eines tragbaren Chronometers zu bedienen.

Schuhmacher, Petersen, Nehus theilten bei der Beobachtung von Stern-Bedeckungen die Arbeit; der eine hielt das Auge an das Fernrohr, der andere blickte auf die Uhr und notirte den Augenblick, wo er den Ausruf „Top" hörte. Einige Male fing Schuhmacher auch an, die Schläge zu zählen, wobei er von demjenigen Schlage ausging, der unmittelbar dem Augenblicke der Beobachtung folgte, er näherte sich dann der Uhr und zog von der am Zifferblatte abgelesenen Secundenzahl die Anzahl der gezählten Schläge und den Bruchtheil einer Secunde ab, dessen Beobachtung dem ersten Schlage vorhergegangen war.

Bessel hat, um die Differenz seiner Methode, plötzlich eintretende Erscheinungen zu beobachten, mit der von Argelander kennen zu lernen, 78 Vergleichungen zusammengestellt und als mittleren Unterschied gefunden

$$\text{Bessel} - \text{Argelander} = -0^s,22.$$

Einundzwanzig gemeinschaftlich beobachtete Occultationen gaben eine Differenz von $0^s,28$. Es war also dieser Unterschied viel geringer als die durch Beobachtung der Durchgänge erhaltene Differenz (diese betrug, wie wir gesehen haben, $1^s,22$). Gerling, welcher die Sterndurchgänge um $0^s,78$ später als Nicolai beobachtete, blieb hinter diesem nur um $0^s,16$ zurück, wenn Lichtblitze beobachtet wurden. Diese Ungleichheit ist frappant; Bessel erklärt sie sehr gut durch die Schwierigkeit, die plötzlichen Uhrschläge mit der gleichförmigen Bewegung des Sternes zu vergleichen, der hinter die Fäden des Meridianfernrohres tritt.

Encke glaubte annehmen zu müssen, dass Bessel, wenn er Durchgänge beobachtete, immer die Pendelschläge in anderer Weise zählte als die übrigen Astronomen[1]; allein wir haben schon gesagt, dass er die Sternbedeckungen in gleicher Weise beobachtete. Hätte

1) Berliner Monatsberichte. Dec. 1857, p. 617.



er einen Schlag weniger als Argelander gezählt, so würde er die gleiche Differenz von mehr als einer Secunde auch für ihre Beobachtungen der Bedeckungen gefunden haben. Die oben angeführten Beispiele haben überdies gezeigt, dass die Differenz zwischen zwei Beobachtern stufenweise von Null bis über eine Secunde steigen kann, ohne dass es gestattet wäre, hier einen plötzlichen Sprung von 1 Secunde zu befürchten. Encke war auf diesen Irrthum durch eine Bemerkung Bessel's gerathen, wonach dieser im Jahre 1821 mit einer Uhr, die halbe Secunden schlug, die Durchgänge nahe um $0^s,5$ später beobachtete, als mit einer Secundenuhr.

Herr Wolf theilt[1]) in dieser Hinsicht die Meinung von Encke; allein man kann ihm dieselben Entgegnungen machen: einmal die progressive Variabilität der Personalgleichung, welche zeigt, dass es sich nicht um runde Irrthümer einer ganzen Secunde handelt, sondern um ein Zurückbleiben des Urtheils, das von den physiologischen Dispositionen der Beobachter abhängt; dann die Ungleichheit des Fehlers, der bei der Schätzung eines Durchganges oder einer plötzlich eintretenden Erscheinung begangen wird, wobei übrigens die Schläge ganz in gleicher Weise gezählt werden.

Welches ist aber nun der Ursprung dieser mysteriösen Differenzen, welche immer zwischen den Schätzungen von zwei Beobachtern vorhanden sind? Die Erklärung, welche Bessel davon gegeben hat, ist noch heute ziemlich allgemein angenommen. Die Differenz der Wirkungen, sagt er, lässt sich begreifen, wenn man bedenkt, dass die Eindrücke auf das Auge und das Ohr nicht in dem gleichen Momente mit einander verglichen werden können, und dass zwei Beobachter verschiedene Zeitintervalle anwenden, um diese beiden Eindrücke zusammenzubringen. Die Eindrücke, welche hier zusammengebracht werden müssen, sind offenbar die der Pendelschläge und der correspondirenden Lagen des Sternes auf beiden Seiten des Fadens.

Diese Erklärung wurde von Faye wieder aufgenommen und weiter entwickelt[2]), und es möchte vielleicht das Geeignetste sein, wenn wir einige Absätze aus der Note des gelehrten Academikers hier citiren.

„Wenn es sich darum handelt", sagt Faye, „Empfindungen derselben Art zu combiniren, so gelangt der menschliche Organismus zu einer

1) Compt. rend. LX. 19. Juni 1865, p. 1270.
2) Compt. rend. LLX. 12. Sept. 1864, p. 474.

erstaunlichen Präcision; anders wenn es sich um Eindrücke verschiedener Art handelt, welche z. B. aus verschiedenen Sinnen entspringen. Der Gesichtssinn ist derjenige, bei dem eine Combination mit den übrigen Sinnen am wenigsten Zutrauen verdient."

„So sieht und misst ein mit einem Microscope bewaffnetes Auge noch Grössen von der äussersten Kleinheit und hält sich blos bei kleinen Brüchen eines Tausendtel Millimeters auf. Ein beliebiges Ohr schätzt in gewissen Fällen auf den ersten Schlag Unterschiede um ein Hundertel einer Secunde. Der Tastsinn ist je nach dem Individuum sehr verschieden; nichts desto weniger scheint es nach den zahlreichen Versuchen des Doctor Blanchet, dass man im Mittel noch gut Schwingungen unterscheidet, welche sich fünfhundert Mal in der Secunde wiederholen, und die Empfindlichkeit dieses Sinnes ist selbst für viele Personen noch weit grösser. Will man dagegen auf ein Mal zwei Sinne zugleich gebrauchen, das Gesicht und Gehör zum Beispiel, so wird man auf fast unglaublich grosse Fehler geführt. Die astronomische Beobachtung der Sterndurchgänge über den Meridian ist genau auf eine Combination dieser Art basirt. Sie reducirt sich auf Folgendes. Man betrachtet einen glänzenden Punct, der sich im Gesichtsfelde eines Fernrohres bewegt und dabei allmählig ein Netz paralleler Fäden durchläuft; zu gleicher Zeit hört man die Schläge einer Pendeluhr und notirt bei jedem Faden den Augenblick, in dem der leuchtende Punct verschwindet. Die Astronomen erlangen in dieser Art zu beobachten mit der Zeit hinlängliche Geschicklichkeit, um auf die Genauigkeit von einer Hundertel Secunde (?) Anspruch zu machen, und doch wollen wir sehen, was geschieht. Setzen wir voraus, die Beobachtung sei zugleich von mehreren Beobachtern angestellt: wenn nun der leuchtende Punct gerade am neunten Schlage der Uhr wirklich über den Faden geht, so wird der erste Beobachter notiren $10^s,1$, der zweite $10^s,2$, der dritte $10^s,5$ etc., ein anderer Beobachter wird notiren $11^s,0$, wieder ein anderer $11^s,2$, indem sie sich so von dem ersten um mehr als eine Secunde entfernen. Und diese Differenzen sind nicht zufällig; man kann tausend Mal den Versuch anstellen und tausend Mal wird man das gleiche Resultat erhalten."

„Und doch sehen diese Beobachter alle in dem gleichen Zeitpuncte den Stern hinter dem Faden verschwinden; sie hören zu der gleichen Zeit den Schlag des Pendels, und sie könnten sich davon sogleich den Beweis liefern, da die Uhr die Secunde mit einem so vollkommenen

Rythmus schlägt, dass man nicht zwei Hundertel Secunden Abweichung dabei finden wird. Wie kommt es nun, dass, wenn es sich darum handelt, Eindrücke zu vergleichen, die ganz getreulich von zwei Sinnen zum Gehirn übertragen wurden, dass sich dann zwischen je zwei Beobachtern Abweichungen zeigen, die — ich wiederhole es — nicht zufällig, sondern regelmässig und bleibend sind? Um das Problem deutlicher zu machen, wolle man mir erlauben, ein gröberes Bild zu gebrauchen. Denkt man sich, der menschliche Geist sei ein im Innern des Gehirns befindliches Auge, das streng aufmerksam ist auf die Modificationen, welche jede Empfindung in den Nervenfäden bestimmt, die im Gehirne zusammenlaufen. Wenn nun die Empfindungen derselben Art in dem gleichen Puncte erzeugt werden, so wird dieses innere Auge mit Leichtigkeit beurtheilen, ob sie auf einander folgend oder gleichzeitig sind; kommen sie aber von verschiedenen Sinnen, deren Nerven an verschiedenen Theilen des Gehirnes verlaufen, so wird das innere Auge nur mit Mühe von einem Theile zum andern gelangen und die dazu verwendete Zeit wird nicht in Rechnung gebracht werden; durch ein in der That vorhandenes Zeitintervall getrennte Empfindungen werden fehlerhaft als gleichzeitig notirt werden. Die verlorene Zeit, d. h. die Zeit, welche so verwendet wurde, um von einer Empfindung zu einer anderen überzugehen, kann sich auf mehr als eine Secunde erheben; sie wird übrigens je nach dem Individuum verschieden sein und zwar je nach der Schnelligkeit, mit welcher sich das innere Auge desselben bewegt, um der Reihe nach die Berührungen dieser ungemein complicirten Claviatur zu betrachten, womit man das Gehirn vergleichen kann.“

Es ist einleuchtend, dass Faye diese Vergleichung nur als ein Mittel gegeben hat, um die Erklärung deutlicher zu machen; allein sie scheint uns sehr gut gewählt zu sein. Die Nothwendigkeit, zwei Empfindungen von verschiedenem Ursprunge zu combiniren, verurtheilt den Geist zu einer entschieden schwierigen Arbeit, da er eine so beträchtliche Zeit gebraucht, um eine Verbindung zwischen den verschiedenen Nervenfasern herzustellen. Diese Arbeit ist sogar sehr ermüdend, während sie bei Vergleichung der Empfindungen von dem gleichen Ursprunge viel geringer ist.

Man darf übrigens diese verlorene Zeit, welche nicht zu unserem Bewusstsein gelangt, nicht mit der Zeit vergleichen, welche nothwendig ist, um die Empfindungen von der Peripherie nach dem Centrum des

Gehirnsystemes zu übertragen, da dieselbe wahrscheinlich mit einer Geschwindigkeit statthat, die nur mit der Electricität vergleichbar ist; man darf die verlorene Zeit ferner nicht vergleichen mit der Zeit, welche erforderlich ist, um unsere Organe, deren Muskeln sich vermöge ihrer Trägheit nicht plötzlich zusammenziehen können, in Bewegung zu setzen unter dem Einflusse von Strömen, welche in den Nerven durch einen willkürlichen Act bestimmt sind. Diese Ursachen einer Verzögerung würden nur einen sehr geringen Theil von den durch die Astronomen constatirten Wirkungen hervorbringen; sie müssten überdies fast genau die gleichen für alle Individuen sein, während die vom Geiste angewandte Zeit, um die Eindrücke verschiedener Sinne zu combiniren, wie eins zu zehn variirt, je nach dem Individuum veränderlich ist und sich wahrscheinlich für das gleiche Individuum je nach Umständen verändert.

Helmholtz hat die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Nervenerregung auf folgende Weise gemessen. Ein eingeführter plötzlicher Strom durchlief den plexus cruralis eines Frosches und erzeugte eine Contraction des gastrocnemions. Diese Contraction unterbrach ein Strom, dessen Schliessung mechanisch mit der Oeffnung des Schliessungskreises des inducirenden Stromes zusammenfiel. Die Dauer dieses Stromes, welche durch die Abweichung der Galvanometernadel gemessen wurde, war entschieden gleich der Fortpflanzung des Fluidums in den Cruralnerven. Für Nerven von 5 bis 6 Centimeter Länge schwankt diese Zeitdauer von $0^s,0014$ bis $0^s,0020$. Man sieht also, dass es sich hier nur um Tausendtel Secunden handelt, während der Zeitverlust, wovon wir gesprochen haben, mehrere Zehntel Secunden beträgt [1]).

Um uns eine klarere Idee von dem machen zu können, was in dem Geiste vorgeht, wenn er gezwungen ist, Empfindungen verschiedenen Ursprunges zu combiniren, zu coordiniren, im Gedächtniss zu juxtaponiren, sollte die experimentale Psychologie weit mehr Fortschritte nach der von Herbart und Drobisch angebahnten Richtung gemacht haben. Von diesem Gesichtspuncte aus kann man sogar hoffen, dass das Studium der Personalfehler von einer grossen Tragweite für die Psychologie sein werde. „Vielleicht," sagt Faye, „giebt es etwas

1) Poggendorff's Annalen LXXIX, Nr. 2, p. 329. Nach den Versuchen von Hirsch, welche mittelst eines Hipp'schen Chronoscops ausgeführt wurden, war die Uebertragungsgeschwindigkeit in den sensitiven Nerven gleich 34 Meter in der Secunde, was mit den Helmholtz'schen Daten übereinstimmt. (Bulletin de la Société des sciences naturelles des Neufchâtel.)



Analoges mit dem, was in uns vorgeht, wenn es sich darum handelt, ein logisches Band zwischen zwei Ideen herzustellen, deren Ueberführungen durch die Nerven das Gehirn nicht zusammenbringen kann; es hat dann ein Tatonniren, eine mehr oder weniger lange Arbeit statt, deren Dauer uns entgeht, in der Art, dass im Momente, wo die Annäherung stattfindet und wo die Vereinigung durch die Nerven realisirt wird, dies gerade so ist, als wenn uns plötzlich ein Lichtstrahl erhellt. So erkennt der Geist die Zeit nur durch die Aufeinanderfolge von Empfindungen äusseren Ursprunges, oder durch diejenige von Empfindungen, welche er eben im Gehirn physisch hervorruft; allein diejenige Zeit, während welcher er die Kräfte, welche die Bewegung im Gehirn bestimmen, ins Spiel setzt, entgeht ihm gänzlich."

Wolf nimmt nicht die von Bessel gegebene Erklärung der Personalfehler an, die in der Schwierigkeit beruht, welche wir erfahren, wenn wir plötzlich Eindrücke von verschiedenem Ursprunge vereinigen sollen. „Es ist ganz gewiss," sagt Wolf, „dass im Momente des Durchganges der Beobachter nicht den Schlag der Uhr hört, sondern einen inneren Schlag, welchen er in Gedanken dafür substituirt, gerade wie der Musiker, der nicht auf das Geräusch des Tactstockes des Chor-Dirigenten wartet, um anzufangen, sondern im Voraus vom Rythmus des Maasses durchdrungen ist, welchem er folgen soll. Es ist nicht mehr die Vereinigung zweier verschiedener äusserer Empfindungen."

Allein die von Wolf bezeichnete Schwierigkeit beruht nur in der Art und Weise, wie man die oben citirte Bessel'sche Stelle interpretiren will. Wir werden jetzt noch nicht diese kitzliche Frage discutiren: wir behalten uns vor, von der Abhandlung des Herrn Wolf näher zu sprechen, nachdem wir zuvor berichtet haben werden, was durch die Erfahrung bezüglich der Personalgleichungen festgestellt wurde, seitdem die chronographischen Registrirapparate bei den Beobachtungen eingeführt wurden.

Schon vor der Erfindung der electrischen Chronographen dachte man mehrmals auf Registrirungsverfahren, die geeignet wären, die persönlichen Fehler zu vermindern. Man sagte sich, dass, wenn der Augenblick des Durchganges eines Sternes über den Faden mechanisch markirt wäre, ohne dass man sich mit der Geschwindigkeit seiner Bewegung zu beschäftigen hätte, dass dann die Beobachtung sich den plötzlich eintretenden Erscheinungen nähern müsste, oder dass die persönlichen Unterschiede sich als weit weniger merklich ergeben würden.

Schon J. G. Repsold, der Director der Hamburger Sternwarte, hatte im Jahre 1838 die Idee einen Registrirapparat für die Beobachtung von Durchgängen zu construiren. Ein Uhrwerk zog einen Papierstreifen mit gleichförmiger Bewegung fort; an diesen Papierstreifen wurde eine bewegliche Spitze in dem Momente angedrückt, wo der Beobachter eine Taste berührte. Die Vergleichung der Marken, welche einmal den Uhrschlägen und dann den Durchgängen über die Fäden des Sternes entsprachen, gestattete die Zeitpuncte dieser Durchgänge selbst auszumitteln. Allein Repsold konnte nur ein sehr unvollkommenes Modell seines Apparates ausführen — der Tod entriss ihn seinen Arbeiten.

Um das Jahr 1842 erdachte Arago ein anderes Verfahren für die Elimination der persönlichen Fehler[1]); er spricht sich darüber selbst folgendermaassen aus:

„Einer der jungen Astronomen der Pariser Sternwarte, Goujon, wurde, da sich bei ihm die stärkste Personalgleichung zeigte, aufgefordert, durch den Ausruf „Top“ oder durch einen scharfen Schlag den Moment zu markiren, wenn nach ihm ein Stern hinter den Faden des Netzes trat, dabei schätzte Eugen Bouvard an einer benachbarten Uhr die diesem Signal entsprechende Zeit nach der ganzen Secunde und dem Bruchtheile einer Secunde. Es wurde so constatirt, dass bei dieser Beobachtungsweise der persönliche Fehler Goujon's völlig verschwunden war, während er nach dem gewöhnlichen Verfahren nicht unter $0^s,4$ betrug. Diese Beobachtungen waren am 1. Januar 1843 angestellt.

„Trotsdem es ganz unwahrscheinlich war, dass man die persönlichen Fehler einem Fehler im Gehör zuzuschreiben hätte, wurden doch, um alle Zweifel über diesen Punct zu heben, die folgenden Beobachtungen angeordnet. Langier gab unversehens den Ausruf „Top“ an, während Bouvard und Goujon, an einer Uhr, vor deren Zifferblatt sie standen, die entsprechende Secunde und den Bruchtheil derselben bestimmten. Dieses Experiment, vierzig Mal wiederholt, ergab eine Differenz Null, während für die am Meridianfernrohre angestellten Beobachtungen der persönliche Fehler von Goujon in Bezug auf Eugen Bouvard ein Zurückbleiben um $0^s,4$ ergab. Ich gab nun im

1) Mémoire sur les erreurs personelles, lu à l'Académie le 14 février 1853. Siehe Oeuvres d'Arago, vol. XI, p. 233.

Anfang des Jahres 1843 meinen Mitarbeitern ein Chronométre à pointage von Breguet. In dem Augenblicke, wo die Sterne hinter die Fäden kamen, liess der mit der Beobachtung vertraute Astronom selbst den Drücker nach; die von der Spitze auf dem Zifferblatte des Chronometers gelassenen Marken bestimmten die Zeitmomente der Durchgänge der Sterne über die Fäden. Mauvais und Goujon, deren Passagen im Meridian, wenn sie nach der gewöhnlichen Art beobachteten, um $0^s,58$ differirten, waren constant in Uebereinstimmung, sobald sie sich dieses Chronometer à pointage bedienten.

„Um die Untersuchung zu vervollständigen, musste man sie nur wieder vornehmen mit einem Chronometer der gleichen Art, welches so eingerichtet war, dass es ohne Zweideutigkeit Zehntels-Secunden gab. Dies geschah im Laufe des folgenden Jahres. Die Beobachter waren der Reihe nach Goujon, Langier und Ernst-Liouville. Durch wiederholte und vollkommen übereinstimmende Beobachtungen hatte man erkannt, dass Goujon die Durchgänge im Meridian um $0^s,45$ später als Langier und Liouville beobachtete. Als man mit dem Chronométre à pointage beobachtete, fand sich, dass die Differenz zwischen den Durchgängen der drei Beobachter unausmittelbar war.“

Aus diesen Versuchen schloss Arago, dass es, um sich von den Personalfehlern unabhängig zu machen, hinreiche, an einem derartigen Chronometer den Bruchtheil der Secunde zu ermitteln, nachdem dasselbe zuvor mit der astronomischen Pendeluhr verglichen ist. (Eine solche Vergleichung, von verschiedenen Beobachtern angestellt, enthält keinen persönlichen Fehler, wovon man sich direct überzeugen konnte.)

An dem im Jahre 1853 angewendeten Chronométre à pointage las man die Zehntel der Secunde ab; Arago fragte sich nun, ob es nicht nöthig wäre, Anordnungen zu treffen, die noch kleinere Bruchtheile zu ermitteln gestatteten. Allein nach Versuchen, die er mit einem Wiener Chronometer anstellte, dessen Zeiger in der Secunde einen Umgang am Zifferblatte zurücklegte, schien ihm ein Zwanzigstel Secunde die äusserste Grenze der Genauigkeit zu sein, welche unsere Sinne bei derartigen Beobachtungen erlangen können.

Bei dem Chronométre à pointage trägt der Secundenzeiger an seinem Ende eine Feder mit Tinte; in dem Momente, wo man einen Drücker wirken lässt, macht die Feder auf das eingetheilte Zifferblatt einen schwarzen Punct, welcher die Zeit der Beobachtung giebt. Das Chronométre à detente, von Perrelet erfunden, beruht auf einem

anderen Principe. Der Secundenzeiger besteht hier aus zwei über einander liegenden Zeigern, wovon der eine mittelst des Drückers festgestellt wird; allein das Eigenthümliche besteht darin, dass dieser Zeiger, nachdem er den Augenblick der Beobachtung markirt hat, durch eine neue Bewegung des Drückers die verlorene Zeit wieder einholt und sich wieder mit dem anderen Zeiger, der nicht aufgehört hat, sich zu bewegen, in Uebereinstimmung setzt, so dass man die Beobachtung wieder von Neuem anfangen kann.

Die Anwendung des Chronométre à pointage oder à detente, wie sie Arago empfohlen hat, muss sicher ihre Vorzüge haben; allein wir glauben, dass diese übertrieben wurden, denn es ist einleuchtend, dass die Wirkung für alle Registrirapparate die gleiche sein muss, und die Erfahrung hat auch gezeigt, dass diese Apparate die persönlichen Fehler höchstens vermindern, aber durchaus nicht verschwinden machen.

Der Bericht der Brittischen Association für 1851 enthält eine Note der Herren Bond über die Vorzüge des electrischen Registrirungsverfahren, das seit einiger Zeit in America angewendet wurde. „Die individuellen Fehler," sagen die Verfasser, „sind bei dieser Methode in viele engere Grenzen eingeschlossen. Soweit die bis jetzt angestellten Vergleichungen ein Urtheil zulassen, sind die persönlichen Gleichungen oder Fehler verschiedener Beobachter, wenn nicht ganz unmerklich, so doch wenigstens auf die kleine Grösse von hundertel Secunden zurückgeführt."

An der Greenwicher Sternwarte, wo die chronographische Methode im Jahre 1854 eingeführt wurde, ist man zu ähnlichen Resultaten gelangt; die Personalgleichungen wurden im Allgemeinen viel geringer als zuvor gefunden. In den Jahren 1854 bis 1856 überstiegen von drei und dreissig Personalgleichungen nur vier den Werth von $0^s,10$; die grösste betrug $0^s,16$. In den drei vorhergehenden Jahren überstiegen von dreissig Gleichungen neunzehn den Werth von $0^s,10$ und dreizehn $0^s,16$.

Im Jahre 1860 hat Edward Dunkin eine Vergleichung der wahrscheinlichen Fehler angestellt[1]), die nach den beiden Methoden eintreten, und hat darnach der chronographischen Methode den Vorzug vor der alten Methode gegeben, welche auf der Combination des Gehöres und des Gesichtes beruht (Eye and ear method). Dunkin

1) Monthly notices, XX. Nr. 3, p. 86.

hat vorerst hundert vollständige Durchgänge discutirt, die im Jahre 1853 an sieben Fäden beobachtet waren, und ebensoviele Durchgänge, welche im Jahre 1857 an neun Fäden beobachtet waren; der wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Beobachtung wurde im Jahre 1853 gleich $0^s,074$, im Jahre 1857 gleich $0^s,051$ gefunden; der wahrscheinliche Fehler eines vollständigen Durchganges betrug $0^s,028$ im Jahr 1853 und $0^s,017$ im Jahre 1857. In diesem Falle waren die wahrscheinlichen Fehler durch die Vergleichung der einzelnen Beobachtungen mit ihren Mitteln bestimmt worden.

Dunkin hat nun die einzelnen geraden Aufsteigungen, welche aus den verschiedenen Durchgängen des gleichen Sternes folgen, mit dem Mittel aller dieser Bestimmungen verglichen und daraus den wahrscheinlichen Fehler eines einzelnen Durchganges abgeleitet; dieser war $0^s,048$ im Jahre 1853 und $0^s,034$ im Jahre 1857. Dieses Resultat ist nothwendiger Weise mit den Instrumental- und Reductionsfehlern afficirt; allein da die Annahme gestattet ist, dass diese die gleichen im Jahre 1853 und 1857 waren, so spricht der Unterschied von $0^s,014$ sehr günstig für die chronographische Methode. Bei der ersten Berechnung ist diese Differenz $0^s,011$, und der wahrscheinliche Fehler $0^s,017$ ist in beiden Fällen kleiner als $0^s,028$, welches der durch die alte Methode (par l'ouie et la vue) gefundene wahrscheinliche Fehler ist.

Im Jahre 1864 hat Dunkin diese Untersuchung wieder aufgenommen.[1]) Diesmal fragte er sich, welchen Einfluss die Grössenklasse des Sternes auf eine Durchgangsbeobachtung haben würde. Auf Grundlage von mehr als zwanzigjährigen Beobachtungen gestützt, hatte Dunkin den Eindruck erhalten, dass die Sterne der fünften und sechsten Grösse am leichtesten zu beobachten sind; sie zeigen ruhigere und schärfer begrenzte Bilder als die sehr glänzenden Sterne und man ist bei ihnen sicherer in Bezug auf Bissection durch die Fäden als bei den Sternen der ersten Grösse. Diese Unterschiede sind besonders merklich, wenn die Beschaffenheit der Luft nicht sehr günstig ist. Das Resultat der von Dunkin angestellten Vergleichungen hat übrigens nicht immer den genannten Umstand bestätigt, der eigentlich so zu sagen blos ein instinctiver Eindruck ist; die Unsicherheit der Durch-

1) Monthly Notices, XXIV. Nro. 7. 13. Mai 1864.

gänge ist für die Sterne der verschiedenen Grössenklassen fast genau die gleiche.

In der folgenden Tabelle hat Dunkin die wahrscheinlichen Fehler einer isolirten Beobachtung oder eines vollständigen Durchganges (für 7 Fäden nach der alten und für 9 Fäden nach der neuen Methode) in Gruppen zusammengestellt. Die Declination war für alle Sterne geringer als 30°.

	Ein einzelner Faden.		Ein vollständiger Durchgang.	
Grösse.	Alte Methode.	Chronograph.	Alte Methode.	Chronograph.
1.	$0^s,074$	$0^s,053$	$0^s,028$	$0^s,018$
2.	79	50	30	17
3.	76	52	29	17
4.	82	52	31	17
5.	78	49	30	16
6.	78	51	29	17
Mittel	0,078	0,051	0,029	0,017

Als Dunkin dieselben Beobachtungen nach den Declinationen der Sterne gruppirte, fand er, dass im Jahre 1857 nach der chronographischen Methode der wahrscheinliche Fehler nur zwischen $0^s,050$ und $0^s,052$ variirte und zwar für die Declinationen von $-10°$ bis $+30°$, während er für dieselben Declinationen nach der andern Methode im Jahre 1853 von $0^s,070$ bis $0^s,089$ betrug.

Ferner hat Dunkin diese Resultate nach den Beobachtern geordnet und, wie sich erwarten liess, ergab sich, dass die Genauigkeit der Beobachtungen fast genau die gleiche für die verschiedenen Astronomen der Sternwarte war. Ihre Personalgleichungen haben überdies eine bemerkenswerthe Constanz gezeigt, wie dies aus folgenden Zahlen ersichtlich ist:

	1861.	1862.	1863.
Dunkin — Stone . .	$+0^s,13$	$+0^s,14$	$+0^s,14$
Dunkin — Ellis . .	$+0,13$	$+0,15$	$+0,16$
Dunkin — Criswick.	$-0,15$	$-0,15$	$-0,16$
Dunkin — Carpenter	$-0,09$	$-0,08$	$-0,07$

Die in der folgenden Tabelle angewendeten Beobachtungen erstrecken sich von den Jahren 1853 bis 1857, ausser denen des Astronomen Henry, der 1856 starb; es sind dafür dessen Beobachtungen von 1853 bis 1855 genommen worden.

Wahrscheinliche Fehler eines Fadens.

Grösse.	Henry.	Rogerson.	Dunkin.	Henderson.	W. Ellis.	Verschiedene Beobachter.	
1.	0^s,103	0^s,062	0^s,058	0^s,081	0^s,074	0^s,082	Aeltere Methode.
2.	121	51	69	77	71	83	
3.	103	48	62	63	71	96	
4.	109	94	59	76	78	93	
5.	114	56	62	73	61	94	
6.	109	84	61	72	59	86	
Mittel	0,111	0,065	0,062	0,074	0,069	0,089	

Grösse.	Henry.	Criswick.	Dunhin.	Lyne.	W. Ellis.	Verschiedene Beobachter.	
1.	0^s,059	0^s,048	0^s,049	0^s,054	0^s,058	0^s,056	Chronograph.
2.	59	44	46	54	51	55	
3.	58	49	47	52	57	55	
4.	59	47	53	53	53	59	
5.	54	46	47	50	51	57	
6.	55	52	49	48	49	72	
Mittel	0,058	0,048	0,048	0,052	0,053	0,060	

Diese Tabellen zeigen mit Evidenz, dass der wahrscheinliche Fehler nach der americanischen Methode constanter wird, d. h. dass die Beobachtung eine grössere Regelmässigkeit darbietet. Es ist auch zu bemerken, dass die Unsicherheit einer Beobachtung von Henry durch den Wechsel des Beobachtungsverfahrens auf die Hälfte reducirt wurde.

Indem Dunkin noch den wahrscheinlichen Fehler einer geraden Aufsteigung aus einem dieser Durchgänge herleitete, fand er, dass dieser Fehler nach der alten Methode 0^s,048, nach der neuen Methode 0^s,034 beträgt; dieser mittlere Werth gilt zu gleicher Zeit für alle Sterne zwischen der 2. und 6. Grösse, während der wahrscheinliche Fehler für die Sterne der ersten Grösse beziehungsweise 0^s,059 und 0^s,040 ist. Die Verminderung des wahrscheinlichen Fehlers gestattet die Annahme, dass auch die persönlichen Gleichungen durch das chronographische Verfahren geringer werden. Es wurde dies aber auch durch directe Versuche dargethan, die im Jahre 1858 zu Altona mit dem Chronographen von Krille angestellt wurden.

(Die Fortsetzung in einem der nächsten Hefte.)

Zur Theorie dioptrischer Instrumente.

Von

K. L. **Bauer** in München.

In mehreren Gebieten der angewandten Mathematik besteht ein sinnreiches, den Bedürfnissen der Praxis völlig angepasstes Princip: ein schwieriges Problem auf die Weise zu lösen, dass man sich vorerst gewisse Vernachlässigungen erlaubt, um die Betrachtung möglichst zu vereinfachen, oder überhaupt durchführen zu können, und dass man dann nachträglich die so erhaltenen Näherungsformeln durch Anbringung von Correctionen zum gewünschten Grade der Genauigkeit erhebt. Genanntes Verfahren findet unter Anderem seine Anwendung in der analytischen Dioptrik, deren Hauptaufgabe es ist, die mathematischen Formeln zu entwickeln, welche die Wirkung eines Systems von centrirten brechenden (oder auch spiegelnden) Kugelflächen veranschaulichen. Um nämlich zunächst den Effect im Ganzen und Grossen zu ermitteln, darf man einstweilen die Farbenzerstreuung ausser Acht lassen, die Sinusse mit den Bögen vertauschen u. dgl., wodurch die Geschmeidigkeit der Ausdrücke bedeutend erhöht und die Operationen erleichtert werden. Die auf diesem Wege erzielten approximativen Resultate werden aber unzureichend, sobald die Berechnung eines fehlerfrei herzustellenden Apparates gefordert wird. Man ist dann genöthigt, die begangenen Ungenauigkeiten möglichst zu compensiren. Im Ganzen sind also zwei Klassen von Ausdrücken postulirt: die Näherungsformeln und die Correctionsformeln.

Es muss auffallen, dass selbst nach den einschlagenden Arbeiten der namhaftesten Mathematiker, eines Cotes, Euler, Lagrange und Möbius[1]) die Ausdrücke beider Klassen mit einem wesentlichen

---

1) R. Cotes, Ueber dessen dioptrischen Satz, welcher sich in R. Smith's „A compleat system of optics“ findet, vgl. man den auf diesem Werke basirenden „Vollständigen Lehrbegriff der Optik“ von A. G. Kästner, Theil II, p. 145 und ausserdem eine Anmerkung von Kästner, p. 444.

Mangel behaftet waren, insofern als die Dicken der Linsen darin völlig unberücksichtigt blieben, eine Voraussetzung, an welche man so gewöhnt war, dass sie meistens als sich von selbst verstehend gar nicht einmal erwähnt wurde [1]). Hatte dies auch die Praxis nicht allzusehr zu beklagen, so musste doch die den fraglichen Sätzen hierdurch aufgeprägte Naturwidrigkeit in den Analytikern grosses Misbehagen erwecken. Endlich im Jahre 1840 wurde der erwähnte Uebelstand für die Formeln erster Klasse auf glänzende Weise beseitigt durch die gleichzeitigen Arbeiten der grossen Astronomen Gauss und Bessel [2]). Diese zeigten nemlich, dass gerade bei strenger Berücksichtigung der Glasdicken die dioptrischen Näherungsformeln eines unzweifelhaft höheren Grades von Schönheit und Symmetrie fähig sind, als die früher bekannten, ungenaueren Ausdrücke. Bessel setzt den Lichtstrahl als in der Coordinatenebene liegend voraus, während Gauss ganz allgemein die Lage desselben im Raum annimmt; übrigens hat Seidel darauf aufmerksam gemacht, [3]) dass durch gewisse einfache Betrachtungen den Resultaten Bessels ohne weiteres die bewunderte Tragweite der Gauss'schen vindicirt werden kann. Ueber die Anwendung und Nützlichkeit der von Möbius, Gauss und Bessel gelieferten dioptrischen Arbeiten sprach Encke [4]) beim Antritte seiner ordentlichen Professur der Astronomie und bediente sich hierzu der Bezeichnungsweise von Bessel, die Ihm am geeignetsten schien.

L. Euler, Dioptrica, 3 Vol. 4to Petr. Als Auszug aus diesem Werk ist Klügel's „Analytische Dioptrik“ 1778 zu betrachten. Von Euler existiren überdies ungefähr 30 meist vor der grossen Dioptrik verfasste Abhandlungen, welche das Gebiet der Optik berühren; der grössere Theil derselben ist in den Berliner Memoiren und in den Commentationen der Petersb. Acad. abgedruckt.

J. L. Lagrange, Sur la théorie des lunettes in den Nouv. mém. de l'acad. roy. à Berlin 1778. p. 162—180. — Sur une loi générale d'optique, ib. 1803. p. 3—12. — Formule de dioptrique, Misc. Soc. Taur. III. 152.

A. F. Möbius, Kurze Darstellung der Haupteigenschaften eines Systems von Linsengläsern, Crelle's Journal, V, 113, 1830. Beiträge zu der Lehre von den Kettenbrüchen nebst einem Anhange dioptr. Inhalt, ib. VI, 215, 1830.

1) C. F. Gauss in den Gött. Gel. Anz. 1841, Bd. I, Stück 9, p. 81—86.

2) C. F. Gauss, Dioptrische Untersuchungen in den Abhand. der königl. Gesellsch. der Wissensch. zu Gött. 1838—1841 (der Societät übergeben 1849, Dec. 10) Gött. Gel. Anz. l. c.

F. W. Bessel, Ueber die Grundformeln der Dioptrik, in Schum. Astr. Nachr. 1841, Nr. 415 (laut einer Anmerkung Schumacher's schon im December 1840 eingelaufen). — Astronomische Untersuchungen 1841, Königsberg, Bd. I, p. 91—101.

3) Schumacher, Astr. Nachr. 1853—54, Nr. 871, §. 1.

4) J. F. Encke, De formulis dioptricis; programma. Berolini 1844.

Nachdem die bedeutendsten Geometer so lange Zeit hindurch dem Hauptprobleme der Dioptrik ihre Kräfte gewidmet hatten, musste es als eine Ehrensache der Wissenschaft gelten, die Lösung vollständig zum Abschlusse zu bringen. Auch dies geschah durch die vortrefflichen Arbeiten Seidel's.[1]) Dieser Gelehrte zeigte zuerst[2]), dass man den Mangel betreffs Vernachlässigung der Glasdicken in den Formeln der zweiten Klasse durch einen Kunstgriff leicht hätte beseitigen können. Man beweise nemlich ohne Mühe, dass in den Ausdrücken der gesuchten Grössen nichts verändert werde, wenn man sich die Fiction erlaube, aus jeder Linse von endlicher Dicke eine mit ihr selbst gleichdicke Schicht herausgeschnitten und durch Luft ersetzt zu denken, und zwar eine Kugelschale, begrenzt von zwei concentrischen Sphären, deren Mittelpunct man so legt, dass beide von den Strahlen radial getroffen werden. Durch diese Fiction würden offenbar aus jeder Linse von endlicher Dicke zwei unendlich dünne gemacht, deren Zwischenraum von Luft erfüllt ist, und die Betrachtung wäre hiermit auf die schon von Euler durchgeführte reducirt. Nun waren aber die Correctionsformeln von jeher noch mit einem zweiten Uebelstande behaftet, der bei Nutzbarmachung des erwähnten Kunstgriffes noch stärker hervortritt. Um nemlich den Ausdrücken einen gewissen Grad von Uebersichtlichkeit zu bewahren, musste man darin weit mehr Grössen aufnehmen, als es von einander unabhängige gibt. So kam es, dass man sich bei der Anwendung zu umständlichen Eliminationen, oder Näherungsmethoden gezwungen sah. Da machte Seidel die Entdeckung, dass sich beiden angedeuteten Mängeln zugleich durch Einführung neuer Variabeln abhelfen lasse, in welche jetzt auch die natürlichen Elemente des Linsensystems umgesetzt werden. Aber auch den Formeln erster Klasse kamen die neuen Variabeln zu gut. Gauss und Bessel hatten nemlich bewiesen, dass die Lage der Haupt- und Brennpuncte durch einen Kettenbruch dargestellt werden könne, der zwar für die numerische Rechnung, nicht so für analytische Ope-

1) L. Seidel, Zur Theorie der Fernrohrobjective. Astr. Nachr. 1852—53, Nr. 835. — Zur Dioptrik ib. 1853—54, Nr. 871. — Ueber die Entwicklung der Glieder dritter Ordnung, welche den Weg eines ausserhalb der Ebene der Achse gelegenen Lichtstrahls durch ein System brechender Medien bestimmen; ib. 1856, Nr. 1027—29. — Gel. Anz. d. k. b. Ak. d. W. Januar bis Juni 1853, Nr. 28 und 1855, Nr. 16. — Ueber die Theorie der Fehler etc. Abh. d. naturw. techn. Commission bei d. k. b. Ak. d. W. I, p. 227; 1857.

2) Gel. Anz. 1853, Nr. 28, p. 229.

rationen ein ganz willkommenes Gebilde ist. Die neuen Elemente hatten nun die Kraft, besagten Kettenbruch in eine einfache Summe aufzulösen, die zudem nur die Hälfte der Gliederzahl des erstern hat und in eine Form gebracht werden kann, unter welcher fast alle Glieder mit den Dicken als Faktoren behaftet sind, so dass also eine bedeutende Reduction eintreten würde, wenn man, wie ehemals, diese kleinen Producte ganz ausser Acht liesse. —

Was uns jedoch hier vorzüglich interessirt, ist die oben citirte Abhandlung Seidel's über die Entwicklung der Glieder dritter Ordnung (oder von der Ordnung der Kugelabweichung); denn wir knüpfen direct daran an, um eine analoge Entwicklung der Glieder fünfter Ordnung zu versuchen. Einige Bemerkungen dürften hier am Platze sein, obschon wir Kürze halber ausdrücklich auf die angeführten Arbeiten verweisen. Zunächst sei erwähnt, dass die geometrische Bedeutung der vier Bestimmungsstücke für die Lage des Strahls nach jeder Brechung so zu fassen ist, dass der Ausdruck des Correctionsgliedes eines jeden, welches sich auf die Lage des Strahls nach der n^{ten} Brechung bezieht, nicht mehr die vier Correctionsglieder für die Lage vor dieser Brechung enthält, sondern nur ein einziges derselben. Um dies zu bewirken, wird die Lage des Strahls vor seiner n^{ten} Brechung bestimmt durch die zwei Paare von Coordinaten der Puncte, in welchen er zwei feste, auf der Achse senkrechte Ebenen A und B durchdringt; seine Lage nach der Brechung wird in ähnlicher Weise auf zwei andere Transversalebenen A' und B' bezogen. A' befindet sich an der Stelle, an welcher ein in A' befindliches leuchtendes Object nach der Strahlenbrechung zufolge der dioptrischen Näherungsformeln sein Bild findet; in gleicher Weise sind die Ebenen B und B' in Verbindung gesetzt. Von den Ebenen der zwei Systeme (der A einerseits und der B andererseits) heissen die beiden Transversalebenen A und B, welche insbesondere die ursprüngliche Lage des Strahls fixiren, die Grundebenen. Zu dieser Anordnung passen die neuen, künstlichen Elemete h, σ vollkommen; man könnte sie geradezu die auf ein bestimmtes System von Bildebenen bezogenen Elemente nennen. Setzt man den Abstand der Grundebene A von der ersten brechenden Fläche $= \frac{h_0}{\sigma_{-1}}$, so repräsentiren die Quotienten $\frac{h_0}{\sigma_1}, \frac{h_2}{\sigma_1}; \frac{h_2}{\sigma_3}, \frac{h_4}{\sigma_3}; \ldots$ die Distanzen der ersten Bild-

ebene A' von der ersten und zweiten brechenden Fläche, sodann der zweiten Bildebene A'' von der zweiten und dritten brechenden Fläche,... Es werden gleichzeitig die auf die Ebene A beziehlichen h, σ und die auf die gleichberechtigte Ebene B beziehlichen h', σ' eingeführt, da sich schliesslich dieser Pleonasmus der Bezeichnung, wo nöthig, leicht beseitigen lässt. — Versucht man, die Entwicklung der Glieder fünfter Ordnung, ähnlich wie dies bei den Gliedern der unmittelbar vorhergehenden dritten Ordnung geschehen ist, für die allgemeinste Lage des Strahls durchzuführen, so stösst man besonders wegen der nun erforderlichen genauern Darstellung der vorkommenden Winkelfunctionen auf Ausdrücke, die weiter zu behandeln nicht gerathen erscheint. Die Betrachtung möge daher auf den Fall beschränkt bleiben, in welchem der Strahl, ursprünglich von der Mitte des Gesichtsfeldes herkommend, auf seinem ganzen Weg Eine Ebene nicht verlässt.

Noch halte ich es für meine Pflicht, anzudeuten, dass das zu lösende Problem gleichzeitig, aber getrennt, von Herrn A. Keller und mir in Angriff genommen wurde, und dass nach Schluss der Arbeit beide Verfasser hinsichtlich der für die Veröffentlichung bestimmten Formeln sich verglichen.

§. 1.

Ist die Verfügung getroffen, dass $\frac{h_0}{\sigma_1}$ gleich sei dem Abstand der Grundebene A von der ersten brechenden Fläche, so besitzt man die Definition der h, σ in den zwei Gleichungen, welche die Relationen zwischen den absoluten Elementen ϱ, d und den neuen Bestimmungsstücken ausdrücken.

$$\varrho_{2i} = \frac{h_{2i} N_{2i}}{\nu_{2i-1}\,\sigma_{2i+1} - \nu_{2i+1}\sigma_{2i-1}}\,;\ \sigma_{2i+1}\, d_{2i+2} = h_{2i} - h_{2i+2} \quad (1)$$

Der Index $2i$ bezieht sich auf die $(i+1)$te Fläche; hingegen die Indices $2i-1$ und $2i+1$, resp. auf das dieser Fläche vorausgehende und folgende Medium; ϱ bedeutet Halbmesser der Fläche, d Distanz zweier auf einander folgender Flächen; die ν sind die reciproken Werthe der Brechungsexponenten n, und N_{2i} ist gleich der Differenz $\nu_{2i-1} - \nu_{2i+1}$ (A. N. Nr. 835). Wir führen jedoch die h, σ nicht direct ein, sondern nehmen nach dem Vorgange Seidel's unsern Ausgangspunct von den im ersten Artikel der Dioptr. Unt. aufgestellten Gleichungen, welche aus dem bekannten Wege eines wider eine Kugelfläche treffenden Lichtstrahls auf die Lage des gebrochenen (also auch ge-

spiegelten) Strahls in aller Strenge schliessen lassen. Gauss bedient sich rechtwinkliger Coordinaten x, y, z, von denen wir nur die x, y beizubehalten brauchen; als x-Achse gilt die Achse des dioptrischen Systems; längs derselben sind die x als wachsend nach dem Gange der Lichtstrahlen zu nehmen. Die Lage des Strahls ist stets fixirt durch die Gleichungen:

$$y = \frac{\beta}{n} x + b \text{ (für den auff. Strahl)}$$

$$\text{und } y = \frac{\beta'}{n'} x + b' \text{ (für den gebr. Strahl)}$$

vorausgesetzt, dass die x von dem der optischen Achse und der brechenden Fläche gemeinsamen Puncte aus zählen; $\frac{1}{n} : \frac{1}{n'}$ bedeutet das Brechungsverhältniss, beim Uebergange aus einem Mittel in das nächstfolgende. Nun bestehen zwischen den alten Bestimmungsstücken b, β und den neuen b, β' die strengen Relationen (p. 3 u. 4 der D. U.):

$$\left.\begin{aligned} \frac{\beta}{n}\varrho(1-\cos\Theta)+b &= \frac{\beta'}{n'}\varrho(1-\cos\Theta)+b' \\ (\beta\varrho+nb)\sin\lambda &= (\beta'\varrho+n'b')\sin\lambda' \end{aligned}\right\} \ldots\ldots (2)$$

hier stellt ϱ den Halbmesser des grössten Kreises vor, in welchem die Coordinatenebene $x\,y$ die brechende Sphäre trifft (identisch mit dem Kugelradius selbst), Θ den Winkel zwischen Einfallslot und x-Achse, λ und λ' die von der Richtung des einfallenden und beziehlich gebrochenen Strahls mit der Mittelpunctsordinate gebildeten Winkel. Weil die ganze Betrachtung sich lediglich auf kleine Oeffnungen der brechenden Flächen und ein kleines Gesichtsfeld beschränkt, so gelten b, β, b', β', $\sin\Theta$, $\cos\lambda$, $\cos\lambda'$ als lauter unendlich kleine Grössen von der ersten Dimension. Wenn man nun bedenkt, dass die Gleichungen (2) nur Glieder von ungeraden Ordnungszahlen enthalten, so ist klar, dass dieselben bis auf Bestandtheile von der 7[ten] Dimension excl. richtig bleiben, wenn man nur das beibehält, was den drei ersten Ordnungen, d. h. der ersten, dritten und fünften angehört. Weil diese Genauigkeit für unsern Zweck erforderlich und ausreichend ist, so wird es passend sein, die Constanten b, β, b', β' sich durch Trinome ersetzt zu denken, in welchen die aufeinander folgenden Glieder die Bestandtheile erster, dritter und fünfter Ordnung der genannten Grössen vorstellen. Nimmt man demzufolge die Substitutionen vor:

$$\left.\begin{array}{l} b = b_0 + \triangle b + \triangle_1 b;\; b' = b'_0 + \triangle b' + \triangle_1 b' \\ \beta = \beta_0 + \triangle \beta + \triangle_1 \beta;\; \beta' = \beta'_0 + \triangle \beta' + \triangle_1 \beta' \end{array}\right\} \ldots . (3)$$

wo die Bedeutung der Grössen rechts vom Gleichheitszeichen nach dem Gesagten keinem Zweifel unterliegt, und vernachlässigt man zugleich alles, was die fünfte Dimension übersteigt, so gehen die strengen Gauss'schen Gleichungen (3) in annäherungsweise richtige über, die mit keinen grössern Fehlern, als solchen von der 7ten Dimension behaftet sind. Jede der neuen Formeln zerfällt ferner in drei einzelne, wenn man die beiderseitigen Glieder von der nemlichen Ordnung einander gleichsetzt. Die Relationen zwischen den Bestandtheilen erster Dimension, oder zwischen den Näherungswerthen, hat bereits Gauss gegeben (p. 3 und 5 d. D. U.):

$$b'_0 = b_0\,;\; \beta'_0 + \frac{n' b'_0}{\varrho} = \beta_0 + \frac{n b_0}{\varrho} \quad \Big\} \ldots . (4)$$

Zu diesen fügte Seidel weiter die Beziehungen zwischen den Theilen von der dritten Dimension, oder zwischen den ersten Correctionsgliedern (A. N. Nr. 1027 p. 297):

$$\left.\begin{array}{c} \triangle b' - \triangle b = 2\varrho \sin^2 \frac{\Theta}{2} \left(\frac{\beta_0}{n} - \frac{\beta'_0}{n'}\right) \\ \left(\triangle \beta' + \frac{n' \triangle b'}{\varrho}\right) - \left(\triangle \beta + \frac{n \triangle b}{\varrho}\right) = \frac{1}{2}\left(\beta_0 + \frac{n b_0}{\varrho}\right) \\ \times (\cos^2 \lambda' - \cos^2 \lambda) \end{array}\right\} \ldots . (5)$$

Als neu kommen endlich jetzt hinzu die Gleichungen zwischen den Gliedern von der fünften Ordnung, oder zwischen den zweiten Correctionsgliedern:

$$\left.\begin{array}{c} \triangle_1 b' - \triangle_1 b = \left(\frac{\triangle \beta}{n} - \frac{\triangle \beta'}{n'}\right) 2\varrho \sin^2 \frac{\Theta}{2} + \left(\frac{\beta_0}{n} - \frac{\beta'_0}{n'}\right) \\ \times 2\varrho \left(\sin^2 \frac{\Theta}{2}\right)_4 \\ \left(\triangle_1 \beta' + \frac{n' \triangle_1 b'}{\varrho}\right) - \left(\triangle_1 \beta + \frac{n \triangle_1 b}{\varrho}\right) \\ = \frac{1}{2}\left\{\left(\triangle \beta + \frac{n \triangle b}{\varrho}\right) + \frac{1}{4}\left(\beta_0 + \frac{n b_0}{\varrho}\right)(3\cos^2 \lambda' + \cos^2 \lambda)\right\} \\ \times (\cos^2 \lambda' - \cos^2 \lambda) + \frac{1}{2}\left(\beta_0 + \frac{n b_0}{\varrho}\right)(\cos^2 \lambda' - \cos^2 \lambda)_4 \end{array}\right\} \ldots . (6)$$

Der zu den Winkelfunctionen gesetzte Index 4 soll andeuten, dass es in den später auszuführenden Entwicklungen derselben nur

auf die Bestandtheile vierter Ordnung ankommt, welche allein mit einem Faktor erster Ordnung ein Glied von der fünften Dimension liefern. Statt der zweiten Gleichung in (6) könnte auch folgende symmetrischere Formel benutzt werden:

$$\left(\Delta_1\beta'+\frac{n'\Delta_1 b'}{\varrho}\right)-\left(\Delta_1\beta+\frac{n\,\Delta_1 b}{\varrho}\right)$$

$$=\frac{1}{4}\left\{\left(\Delta\beta'+\frac{n'\Delta b'}{\varrho}\right)+\left(\Delta\beta+\frac{n\,\Delta b}{\varrho}\right)+\left(\beta_0+\frac{n\,b_0}{\varrho}\right)(\cos^2\lambda'+\cos^2\lambda)\right\}$$

$$\times(\cos^2\lambda'-\cos^2\lambda)+\frac{1}{2}\left(\beta_0+\frac{n\,b_0}{\varrho}\right)(\cos^2\lambda'-\cos^2\lambda),$$

Dieselbe scheint sich jedoch nicht besonders zu bewähren und wir sehen desshalb davon ab.

§. 2.

Wir haben jetzt die Coordinaten b, β, b', β' zu eliminiren durch die Coordinaten der Puncte, in welchen der Strahl vor und nach der Brechung die dem jeweiligen Medium entsprechenden Transversalebenen der aufgestellten Systeme A und B durchsticht. Hierbei soll jedoch eine auch von Seidel gebrauchte sehr passende Vereinfachung der Bezeichnung in ihr Recht treten. So lange es sich nemlich nur um die einzige Fläche $2i$ handelt, kann man ohne die geringste Störung des Verständnisses schreiben:

$$\underset{-}{\nu},\ \underset{+}{\nu},\ N,\ h,\ h',\ \underset{-}{\sigma},\ \underset{+}{\sigma},\ \underset{-}{\sigma'},\ \underset{+}{\sigma'}\ \text{für}$$

$$\nu_{2i-1},\ \nu_{2i+1},\ N_{2i},\ h_{2i},\ h'_{2i},\ \sigma_{2i-1},\ \sigma_{2i+1},\ \sigma'_{2i-1},\ \sigma'_{2i+1}.$$

Analog sollen die den y parallelen rechtwinkligen Coordinaten der Puncte, in welchen der ungebrochene Strahl den Ebenen A und B, der gebrochene den Ebenen A' und B' begegnet, bezeichnet sein mit:

$$\underset{-}{\eta}+\Delta\underset{-}{\eta}+\Delta_1\underset{-}{\eta}\ ;\ \underset{-}{\eta'}+\Delta\underset{-}{\eta'}+\Delta_1\underset{-}{\eta'}\quad\text{(für den auff. Strahl)}$$

$$\underset{+}{\eta}+\Delta\underset{+}{\eta}+\Delta_1\underset{+}{\eta}\ ;\ \underset{+}{\eta'}+\Delta\underset{+}{\eta'}+\Delta_1\underset{+}{\eta'}\quad\text{(für den gebr. Strahl)}$$

Hinsichtlich der Bedeutung dieser Trinome habe ich nur auf (3) zu verweisen. — Nun ist klar, dass für die besondern Werthe $x=\frac{h}{\underset{-}{\sigma}}$ und $x=\frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}$ die Ordinate y aus der Gauss'schen Gleichung des auffallenden Strahls resp. gefunden werden muss $=\underset{-}{\eta}+\Delta\underset{-}{\eta}+\Delta_1\underset{-}{\eta}$ und $=\underset{-}{\eta'}+\Delta\underset{-}{\eta'}+\Delta_1\underset{-}{\eta'}$; ähnliches gilt von dem gebrochenen Strahl;

der einzige Unterschied besteht darin, dass $+$ an die Stelle der Marke — tritt. Führt man die angegebenen Substitutionen aus und vergleicht beiderseitig die Glieder von gleichnamiger Ordnung, so gelangt man zu den Relationen:

$$\frac{\beta_0}{n} = \frac{\underset{-}{\eta} - \underset{-}{\eta'}}{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}} - \frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}} \quad ; \quad b_0 = \frac{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}}\underset{-}{\eta'} - \frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}\underset{-}{\eta}}{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}} - \frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}} .$$

$$\frac{\triangle\beta}{n} = \frac{\triangle\underset{-}{\eta} - \triangle\underset{-}{\eta'}}{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}} - \frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}} \quad ; \quad \triangle b = \frac{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}}\triangle - \eta'\frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}\triangle\underset{-}{\eta}}{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}} - \frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}} .$$

$$\frac{\triangle_1\beta}{n} = \frac{\triangle_1\underset{-}{\eta} - \triangle_1\underset{-}{\eta'}}{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}} - \frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}} \quad ; \quad \triangle_1 b = \frac{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}}\triangle_1\underset{-}{\eta'} - \frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}\triangle_1\underset{-}{\eta}}{\frac{h}{\underset{-}{\sigma}} - \frac{h'}{\underset{-}{\sigma'}}} .$$

Man sieht, dass im Nenner durchweg dieselbe Grösse und zwar die Distanz der beiden Transversalebenen A und B von einander auftritt; für den gebrochenen Strahl würde es offenbar die Entfernung der Ebenen A' und B', oder die Grösse $\frac{h}{\underset{+}{\sigma}} - \frac{h'}{\underset{+}{\sigma'}}$ sein. Multiplicirt man jetzt die Zähler und Nenner sämmtlicher Quotienten mit $\underset{-}{\sigma}\,\underset{-}{\sigma'}$, so nehmen die neuen Nenner die Form an: $h\underset{-}{\sigma'} - h'\underset{-}{\sigma}$ und $h\underset{+}{\sigma'} - h'\underset{+}{\sigma}$. Nun ist aber bereits in Nr. 871 der *A. N.* bewiesen, dass die Producte $\frac{1}{\nu_{2i-1}}(h_{2i}\sigma'_{2i-1} - h'_{2i}\sigma_{2i-1})$ und $\frac{1}{\nu_{2i+1}}(h_{2i}\sigma'_{2i+1} - h'_{2i}\sigma_{2i+1})$ einen und denselben von i unabhängigen, constanten Werth haben, also:

$$\left.\begin{aligned} T &= \frac{h_0\sigma'_{-1} - h'_0\sigma_{-1}}{\nu_{-1}} = \frac{h_0\sigma'_1 - h'_0\sigma_1}{\nu_1} = \frac{h_2\sigma'_1 - h'_2\sigma_1}{\nu_1} \\ &= \frac{h_2\sigma'_3 - h'\sigma_3}{\nu_3} = \ldots = \frac{h\underset{-}{\sigma'} - h'\underset{-}{\sigma}}{\underset{-}{\nu}} = \frac{h\underset{+}{\sigma'} - h'\underset{+}{\sigma}}{\underset{+}{\nu}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (7)$$

Hiernach gehen die obigen Ausdrücke über in:

$$\frac{\beta_0}{n} = \frac{\underset{-}{\sigma}\,\underset{-}{\sigma}'}{\underset{-}{\nu}}\,\frac{\underset{-}{\eta} - \underset{-}{\eta}'}{T} \quad ; \quad b_0 = \frac{1}{\underset{-}{\nu}}\,\frac{h\,\underset{-}{\sigma}'\,\underset{-}{\eta}' - h'\,\underset{-}{\sigma}\,\underset{-}{\eta}}{T}$$

$$\frac{\triangle\beta}{n} = \frac{\underset{-}{\sigma}\,\underset{-}{\sigma}'}{\underset{-}{\nu}}\,\frac{\triangle\underset{-}{\eta} - \triangle\underset{-}{\eta}'}{T} \quad ; \quad \triangle b = \frac{1}{\underset{-}{\nu}}\,\frac{h\underset{-}{\sigma}'\,\triangle\underset{-}{\eta}' - h'\underset{-}{\sigma}\,\triangle\underset{-}{\eta}}{T}$$

$$\frac{\triangle_1\beta}{n} = \frac{\underset{-}{\sigma}\,\underset{-}{\sigma}'}{\underset{-}{\nu}}\,\frac{\triangle_1\underset{-}{\eta} - \triangle_1\underset{-}{\eta}'}{T} \quad ; \quad \triangle_1 b = \frac{1}{\underset{-}{\nu}}\,\frac{h\underset{-}{\sigma}'\triangle_1\underset{-}{\eta}' - h'\underset{-}{\sigma}\,\triangle_1\underset{-}{\eta}}{T}$$

Aus diesen folgen sogleich die entsprechenden für den gebrochenen Strahl, wenn man die Marke — durchweg gegen + vertauscht. In Nr. 1027 p. 301 ff. der *A. N.* wurde bewiesen, dass die Producte von der Gestalt $\frac{\sigma}{\nu}\eta$ constant bleiben für sämmtliche Medien des optischen Systems; es war daher indicirt, die veränderlichen Coordinaten durch diese Constanten zu ersetzen und zu diesem Behufe folgende Bezeichnungen einzuführen:

$$\left.\begin{aligned} H &= \frac{\sigma_{-1}}{\nu_{-1}}\eta_{-1} = \frac{\sigma_1}{\nu_1}\eta_1 = \frac{\sigma_3}{\nu_3}\eta_3 = \ldots = \frac{\underset{-}{\sigma}}{\underset{-}{\nu}}\underset{-}{\eta} = \frac{\underset{+}{\sigma}}{\underset{+}{\nu}}\underset{+}{\eta} \\ H' &= \frac{\sigma'_{-1}}{\nu_{-1}}\eta'_{-1} = \frac{\sigma'_1}{\nu_1}\eta'_1 = \frac{\sigma'_3}{\nu_3}\eta'_3 = \ldots = \frac{\underset{-}{\sigma}'}{\underset{-}{\nu}}\underset{-}{\eta}' = \frac{\underset{+}{\sigma}'}{\underset{+}{\nu}}\underset{+}{\eta}' \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots (8)$$

Seidel hat erörtert (*A. N.* Nr. 1027 p. 301), in wie fern man die Constanten H und H' als die reducirten rechtwinkligen Coordinaten der dem Strahl und den Transversalebenen gemeinsamen Puncte ansehen könnte. Um consequent zu sein, wird man die Correctionsglieder in analoger Weise wie die Näherungswerthe ausdrücken und mithin setzen:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\nu_{2i-1}}{\sigma_{2i-1}}(H + \triangle H_{2i-1} + \triangle_1 H_{2i-1}) &= \eta_{2i-1} + \triangle\eta_{2i-1} \\ &\quad + \triangle_1\eta_{2i-1} \\ \frac{\nu_{2i-1}}{\sigma'_{2i-1}}(H' + \triangle H'_{2i-1} + \triangle_1 H'_{2i-1}) &= \eta'_{2i-1} + \triangle\eta'_{2i-1} \\ &\quad + \triangle_1\eta'_{2i-1} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots (9)$$

wobei den links mit $\triangle$ und $\triangle_1$ bezeichneten Grössen natürlich Indices anzufügen waren, weil dieselben nicht, wie die H, H' durch alle Medien des optischen Systems hindurch constant sind. Mit Zuhilfenahme der reducirten Coordinaten findet man jetzt die Gauss'schen Constanten, wie folgt:

$$\frac{\beta_0}{n} = \frac{\underset{-}{\sigma'} H - \underset{-}{\sigma} \underset{-}{H'}}{T} \quad ; \quad b_0 = \frac{-h' H + h H'}{T}$$

$$\frac{\triangle \beta}{n} = \frac{\underset{-}{\sigma'} \triangle \underset{-}{H} - \underset{-}{\sigma} \triangle \underset{-}{H'}}{T} \quad ; \quad \triangle \beta = \frac{-h' \triangle \underset{-}{H} + h \triangle \underset{-}{H'}}{T}$$

$$\frac{\triangle_1 \beta}{n} = \frac{\underset{-}{\sigma'} \triangle_1 \underset{-}{H} - \underset{-}{\sigma} \triangle_1 \underset{-}{H'}}{T} \quad ; \quad \triangle_1 b = \frac{-h' \triangle_1 \underset{-}{H} + h \triangle_1 \underset{-}{H'}}{T}$$

Aendert man die Marke — in +, so entstehen die analogen Ausdrücke für $\frac{\beta'_0}{n'}$, b'_0 $\frac{\triangle \beta'}{n'}$, u. s. f.

§. 3.

Um die Aufgabe für den Fall zu specialisiren, dass der Strahl ursprünglich von der Mitte des Gesichtsfeldes herkommt, ist $H = o$ zu setzen, desgleichen in den bereits niedergelegten Resultaten betreffs der Glieder dritter Ordnung $v = v' = o$; $R = H = o$; $R' = H'$ (A. N. Nr. 1028 p. 113). Dies vorausgesetzt, entnehmen wir aus Nr. 1028 p. 305 das Resultat:

$$\left.\begin{aligned} \triangle \underset{+}{H} - \triangle \underset{-}{H} &= -\frac{H'\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)}{NT} \\ \times \Big\{\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right) 2 \varrho \sin^2 \frac{\Theta}{2} &+ \frac{h}{2} (\cos^2 \lambda' - \cos^2 \lambda)\Big\} \end{aligned}\right\} \dots (10)$$

Ein entsprechendes Ergebniss für die Correction fünfter Ordnung folgt aus den Gleichungen (6) durch Einführung der reducirten Coordinaten. Wir haben der Reihe nach die Substitutionen zu machen:

$$T(\triangle_1 b' - \triangle_1 b) = \Big\{-h' \left(\triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H}\right) + h \left(\triangle_1 \underset{+}{H'} - \triangle_1 \underset{-}{H'}\right)\Big\}$$

$$T\left(\frac{\triangle \beta}{n} - \frac{\triangle \beta'}{n'}\right) = \Big\{\left(\underset{-}{\sigma'} \triangle \underset{-}{H} - \underset{-}{\sigma} \triangle \underset{-}{H'}\right) - \left(\underset{+}{\sigma'} \triangle \underset{+}{H} - \underset{+}{\sigma} \triangle \underset{+}{H'}\right)\Big\}$$

$$T\left(\frac{\beta_0}{n} - \frac{\beta'_0}{n'}\right) = -H' \left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)$$

$$NT \Big\{\left(\triangle_1 \beta' + \frac{n' \triangle_1 b'}{\varrho}\right) - \left(\triangle \beta + \frac{n \triangle b}{\varrho}\right)\Big\} = \Big\{\left(\triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H}\right)$$

$$\times \left(\underset{-}{\sigma'} - \underset{+}{\sigma'}\right) - \left(\triangle_1 \underset{+}{H'} - \triangle_1 \underset{-}{H'}\right) \left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)\Big\}$$

$$NT\left(\triangle \beta + \frac{n \triangle b}{\varrho}\right) = \Big\{\triangle \underset{-}{H} \left(\underset{-}{\sigma'} - \underset{+}{\sigma'}\right) - \triangle \underset{-}{H'} \left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)\Big\}$$

$$NT\left(\beta_0 + \frac{n b_0}{\varrho}\right) = -H' \left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)$$

Ist dies geschehen, so bemerkt man, dass von den vier Grössen $\triangle_1 H$ nur die zwei Differenzen $\triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H}$ u. $\triangle_1 \underset{+}{H'} - \triangle_1 \underset{-}{H'}$ vorkommen. Es ist desshalb leicht, zwei neue Formeln zu bilden, von denen jede bloss Einen dieser zwei Unterschiede besitzt. Multipliciren wir die erste der in reducirte Coordinaten umgesetzten Gleichungen (6) mit $\left(\underset{-}{\sigma} \quad \underset{+}{\sigma}\right)$, die zweite mit h und addiren hierauf beide, so erhalten wir in Anbetracht der Relation $h\left(\underset{-}{\sigma'} - \underset{+}{\sigma'}\right) - h'\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right) = \left(\underset{-}{\nu} - \underset{+}{\nu}\right) T = NT$ das Ergebniss:

$$
\begin{aligned}
NT\left(\triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H}\right) = & \left[\left(\underset{-}{\sigma'} \triangle \underset{-}{H} - \underset{-}{\sigma} \triangle \underset{-}{H'}\right) - \left(\underset{+}{\sigma'} \triangle \underset{+}{H} - \underset{+}{\sigma} \triangle \underset{+}{H'}\right)\right] \\
& \times \left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right) 2\varrho \sin^2 \frac{\Theta}{2} \\
& + \frac{h}{2}\left[\triangle \underset{-}{H}\left(\underset{-}{\sigma'} - \underset{+}{\sigma'}\right) - \triangle \underset{-}{H'}\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)\right] (\cos^2 \lambda' - \cos^2 \lambda) \\
& - \frac{h}{8} H'\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)(3\cos^2 \lambda' + \cos^2 \lambda)(\cos^2 \lambda' - \cos^2 \lambda) \\
& - H'\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)\left\{\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right) 2\varrho\left(\sin^2 \frac{\Theta}{2}\right)_4 + \frac{h}{2}(\cos^2 \lambda' - \cos^2 \lambda)_4\right\}
\end{aligned}
$$

Um dieses Resultat zu vereinfachen, dient die Beziehung:

$$
\begin{aligned}
\left(\underset{-}{\sigma'} \triangle \underset{-}{H} - \underset{-}{\sigma} \triangle \underset{-}{H'}\right) - \left(\underset{+}{\sigma'} \triangle \underset{+}{H} - \underset{+}{\sigma} \triangle \underset{+}{H'}\right) = & \triangle \underset{-}{H}\left(\underset{-}{\sigma'} - \underset{+}{\sigma'}\right) \\
& - \triangle \underset{-}{H'}\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right) \\
& + \underset{+}{\sigma}\left(\triangle \underset{+}{H'} - \triangle \underset{-}{H'}\right) - \underset{+}{\sigma'}\left(\triangle \underset{+}{H} - \triangle \underset{-}{H}\right)
\end{aligned}
$$

Den zweiten Theil rechts können wir gleich weiter umgestalten; die A. N. liefern nemlich in Nr. 1028 p. 308 die Gleichungen:

$$
\left.
\begin{aligned}
\triangle \underset{+}{H'} - \triangle \underset{-}{H'} = & \frac{1}{2} \frac{H'^3}{T^3} \frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\left\{h' \frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\left(\underset{-}{\nu} \underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\nu} \underset{+}{\sigma}\right)\right. \\
& \left. - T\left(\underset{-}{\nu} \underset{+}{\sigma} - \underset{+}{\nu} \underset{-}{\sigma}\right)\right\} \\
\triangle \underset{+}{H} - \triangle \underset{-}{H} = & \frac{1}{2} \frac{H'^3}{T^3}\left(\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\right)^2\left(\underset{-}{\nu} \underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\nu} \underset{+}{\sigma}\right)
\end{aligned}
\right\} \quad \ldots (11)
$$

woraus sofort folgt:

$$\underset{+}{\sigma}\left(\triangle \underset{+}{H'} - \triangle \underset{-}{H'}\right) - \underset{+}{\sigma'}\left(\triangle \underset{+}{H} - \triangle \underset{-}{H}\right) = -\frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^2}\left(\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\right)^2 \times \left(\underset{-}{\nu}\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\nu}\underset{+}{\sigma}\right)\underset{+}{\nu}$$

$$-\frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^2}\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\left(\underset{-}{\nu}\underset{+}{\sigma} - \underset{+}{\nu}\underset{-}{\sigma}\right)\underset{+}{\sigma}$$

Nach Benutzung der gemachten Angaben findet sich nun sehr leicht:

$$\triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H} = \frac{\triangle \underset{-}{H}\left(\underset{-}{\sigma'} - \underset{+}{\sigma'}\right) - \triangle \underset{-}{H'}\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)}{NT}$$

$$\times \left\{\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right) 2\varrho \sin^2\frac{\Theta}{2} + \frac{h}{2}\left(\cos^2\lambda' - \cos^2\lambda\right)\right\}$$

$$-\frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^3}\left(\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\right)^3 \underset{+}{\nu}\left(\underset{-}{\nu}\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\nu}\underset{+}{\sigma}\right) 2\varrho\sin^2\frac{\Theta}{2}$$

$$-\frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^3}\left(\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\right)^2 \underset{+}{\sigma}\left(\underset{-}{\nu}\underset{+}{\sigma} - \underset{+}{\nu}\underset{-}{\sigma}\right) 2\varrho\sin^2\frac{\Theta}{2}$$

$$-\frac{h}{8}\frac{H'\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)}{NT}\left(3\cos^2\lambda' + \cos^2\lambda\right)\left(\cos^2\lambda' - \cos^2\lambda\right)$$

$$-\frac{H'\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)}{NT}\left\{\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right) 2\varrho\left(\sin^2\frac{\Theta}{2}\right)_4 + \frac{h}{2}\left(\cos^2\lambda' - \cos^2\lambda\right)_4\right\}$$

Man sieht auf den ersten Blick, dass diese Formel ausserordentlich viel complicirter ist, als die correspondirende Gleichung (10).

§. 4.

Es bietet keine Schwierigkeit, in der Entwicklung weiter fortzufahren. Um zunächst nur von den in den A. N. bereits gegebenen Resultaten Gebrauch zu machen, sehen wir von der letzten Zeile des soeben aufgestellten Ausdruckes für $\triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H}$ ab und bezeichnen den Werth derselben einstweilen abkürzend mit W. Sodann finden wir aus (10) in Verbindung mit der zweiten Gleichung in (11):

$$\left\{\left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right) 2\varrho\sin^2\frac{\Theta}{2} + \frac{h}{2}\left(\cos^2\lambda' - \cos^2\lambda\right)\right\} = -\frac{1}{2}\frac{H'^2}{T^2}\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N} \times \left(\underset{-}{\nu}\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\nu}\underset{+}{\sigma}\right).$$

Ueberdies ist nach Nro. 1028 p. 306 — 307 der A. N.

$$\left.\begin{aligned} 2\varrho \sin^2 \frac{\Theta}{2} &= \frac{1}{2} \frac{H'^2}{T^2} h \frac{\underset{-}{\nu} \underset{+}{\sigma} - \underset{+}{\nu} \underset{-}{\sigma}}{N} \\ \cos^2 \lambda' &= \frac{H'^2}{T^2} \underset{+}{\sigma}^2 \ ; \ \cos^2 \lambda = \frac{H'^2}{T^2} \underset{-}{\sigma}^2 \\ \cos^2 \lambda' - \cos^2 \lambda &= -\frac{H'^2}{T^2} \left(\underset{-}{\sigma}^2 - \underset{+}{\sigma}^2\right) \ ; \ 3\cos^2 \lambda' + \cos^2 \lambda \\ &= \frac{H'^2}{T^2} \left(\underset{-}{\sigma}^2 + 3\underset{+}{\sigma}^2\right) \end{aligned}\right\} \dots (12)$$

Somit sind alle Mittel vorhanden, um $\triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H}$ in folgender Gestalt darzustellen:

$$\left.\begin{aligned} \triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H} = &-\frac{1}{2} \frac{H'^2 h \left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)}{N T^3} \\ &\left[\triangle \underset{-}{H} \left(\underset{-}{\sigma'} - \underset{+}{\sigma'}\right) - \triangle \underset{-}{H'} \left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)\right] \frac{\underset{-}{\nu} \underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\nu} \underset{+}{\sigma}}{N} \\ &-\frac{1}{4} \frac{H'^5 h \left(\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}\right)^2}{N T^6} \left\{\begin{aligned} &\underset{+}{\nu} \cdot \frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N} \frac{\underset{-}{\nu} \underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\nu} \underset{+}{\sigma}}{N} \frac{\underset{-}{\nu} \underset{+}{\sigma} - \underset{+}{\nu} \underset{-}{\sigma}}{N} \\ &+ \underset{+}{\sigma} \left(\frac{\underset{-}{\nu} \underset{+}{\sigma} - \underset{+}{\nu} \underset{-}{\sigma}}{N}\right)^2 \\ &-\frac{1}{2} \left(\underset{-}{\sigma} + \underset{+}{\sigma}\right) \left(\underset{-}{\sigma}^2 + 3\underset{+}{\sigma}^2\right) \end{aligned}\right\} \\ &+ W \end{aligned}\right\} \dots (13)$$

Um die Grösse W in ähnlicher Weise, wie die vorausgehenden Glieder auszudrücken, müssen die Winkelfunctionen $\cos^2 \lambda$, $\cos^2 \lambda'$, $\sin^2 \frac{\Theta}{2}$ zuvor bis auf übrig bleibende Fehler, deren Ordnungszahl die vierte übersteigt, genau entwickelt werden Dies soll daher jetzt geschehen.

§. 5.

Besonders leicht ergeben sich die Werthe für $\cos \lambda$ und $\cos \lambda'$, weil λ und λ' die Winkel bedeuten, welche die Richtung des auffallenden, resp. gebrochenen Strahls mit der Ordinatenachse macht. Man braucht nur

$$\cos^2 \lambda = \frac{\cot^2 \lambda}{1 + \cot^2 \lambda} = \cot^2 \lambda - \cot^4 \lambda + \dots$$

$$\text{und } \cos^2\lambda' = \frac{\cot^2\lambda'}{1+\cot^2\lambda'} = \cot^2\lambda' - \cot^4\lambda' + \ldots$$

zu setzen, um in Anbetracht der Gleichung $y = \frac{\beta}{n}x + b$ für den auffallenden, und $y = \frac{\beta'}{n'}x + b'$ für den gebrochenen Strahl, sofort zu haben:

$$\cos^2\lambda = \left(\frac{\beta}{n}\right)^2 - \left(\frac{\beta}{n}\right)^4 + \ldots\,;\quad \cos^2\lambda' = \left(\frac{\beta'}{n'}\right)^2 - \left(\frac{\beta'}{n'}\right)^4 + \ldots$$

Für $\beta = \beta_0 + \triangle\beta$ und $\beta' = \beta'_0 + \triangle\beta'$ gehen diese Gleichungen bei Vernachlässigung alles dessen, was die vierte Ordnung übersteigt, in folgende neue über:

$$\cos^2\lambda = \left(\frac{\beta_0}{n}\right)^2 + 2\left(\frac{\beta_0}{n}\right)\frac{\triangle\beta}{n} - \left(\frac{\beta_0}{n}\right)^4\,;\quad \cos^2\lambda' = \left(\frac{\beta'_0}{n'}\right)^2 + 2\left(\frac{\beta'_0}{n'}\right)\frac{\triangle\beta'}{n'} - \left(\frac{\beta'_0}{n'}\right)^4$$

In diese Ausdrücke sind jetzt die reducirten Coordinaten einzuführen, und zwar mittels der Substitutionen:

$$\frac{\beta'_0}{n'} = -\frac{H'\sigma_+}{T}\,;\quad \frac{\beta_0}{n} = -\frac{H'\sigma_-}{T}\,;\quad \frac{\triangle\beta'}{n'} = \frac{\sigma'_+\triangle H_+ - \sigma_+\triangle H'_+}{T}\,;$$

$$\frac{\triangle\beta}{n} = \frac{\sigma'_-\triangle H_- - \sigma_-\triangle H'_-}{T}$$

Kraft dieser verwandelt sich die Differenz

$$\cos^2\lambda' - \cos^2\lambda = \left(\frac{\beta'_0}{n'}\right)^2 - \left(\frac{\beta_0}{n}\right)^2 + 2\left(\frac{\beta'_0}{n'}\,\frac{\triangle\beta'}{n'} - \frac{\beta_0}{n}\,\frac{\triangle\beta}{n}\right) - \left(\frac{\beta'_0}{n'}\right)^4 + \left(\frac{\beta_0}{n}\right)^4 \text{ in:}$$

$$\left.\begin{aligned}\cos^2\lambda' - \cos^2\lambda = &-\frac{H'^2}{T^2}\left(\sigma_-^2 - \sigma_+^2\right)\\ &+\frac{1}{T^2}\left\{\frac{H'^4}{T^2}\left(\sigma_-^4 - \sigma_+^4\right)\right.\\ &\left.+2H'\left[\sigma_-\left(\sigma'_-\triangle H_- - \sigma_-\triangle H'_-\right) - \sigma_+\left(\sigma'_+\triangle H_+ - \sigma_+\triangle H'_+\right)\right]\right\}\end{aligned}\right\}\ldots (14)$$

Wenden wir uns jetzt gleich zu der analogen Entwicklung von $\sin^2\frac{\Theta}{2}$.

§. 6.

Die brechende Sphäre wird von der Ebene der x, y in einem grössten Kreise geschnitten. Auf diesen trifft der einfallende Strahl in einem Puncte, dessen Ordinate dem Werthe von $\varrho \sin \Theta$ gleickkommt. Weil nun

$$2 \sin^2 \frac{\Theta}{2} = 1 \quad \cos \Theta = 1 - \sqrt{1 - \sin^2 \Theta} = \frac{1}{2} \sin^2 \Theta + \frac{1}{8} \sin^4 \Theta + \dots$$

also mit ausreichender Genauigkeit die Beziehung besteht:

$$2 \varrho \sin^2 \frac{\Theta}{2} = \frac{1}{2\varrho} (\varrho \sin \Theta)^2 + \frac{1}{8\varrho^3} (\varrho \sin \Theta)^4 ,$$

so handelt es sich zur Ermittlung der linken Seite nur um die Kenntniss besagter Ordinate. Letztere findet sich aus der Gleichung $y = \frac{\beta}{n} x + b$ des einfallenden Strahls und der Kreisgleichung: $y^2 + (x - \varrho)^2 = \varrho^2$, oder $y^2 + x^2 - 2 \varrho x = 0$, welche unter dieser Form auftritt, sobald man sich die Achse der y als Berührende in dem Durchschnittspuncte des Kreises mit der zur x-Achse genommenen optischen Achse errichtet denkt, welcher Bestimmung offenbar nichts im Wege steht, weil die Abscissen ohnehin von jenem Durchschnittspuncte aus zählen. Eliminirt man x aus der Kreisgleichung, indem man hierfür den aus der Gleichung des auffallenden Strahls gezogenen Werth substituirt, so erhält man zur Ermittlung der gesuchten Ordinate die Relation:

$$\left[1 + \left(\frac{\beta}{n}\right)^2\right] y^2 - 2\left(b + \varrho \frac{\beta}{n}\right) y + b^2 + 2 \varrho \frac{\beta}{n} b = 0 ,$$

woraus sich ergibt:

$$y = \frac{b + \varrho \frac{\beta}{n} \left\{1 \pm \sqrt{1 - \frac{\beta}{\varrho} \left(2 \frac{\beta}{n} + \frac{b}{\varrho}\right)}\right\}}{1 + \left(\frac{\beta}{n}\right)^2}$$

Aus der Gleichung des auffallenden Strahls erkennt man sogleich, dass b den Abschnitt bedeutet, welchen jener mit der Ordinatenachse macht; von diesem kann aber die gesuchte Ordinate offenbar nur wenig verschieden sein, weshalb für unsern Zweck die vorliegende Wurzelgrösse mit negativem Zeichen zu nehmen ist. Nun gibt der binomische Satz:

$$1 - \left\{1 - \frac{b}{\varrho} \left(2 \frac{\beta}{n} + \frac{b}{\varrho}\right)\right\}^{\frac{1}{2}} = \frac{b}{2\varrho} \left(2 \frac{\beta}{n} + \frac{b}{\varrho}\right) + \frac{b^2}{8\varrho^2} \left(2 \frac{\beta}{n} + \frac{b}{\varrho}\right)^2 + \dots$$

Ferner ist $\frac{1}{1+\left(\frac{\beta}{n}\right)^2} = 1 - \left(\frac{\beta}{n}\right)^2 + \left(\frac{\beta}{n}\right)^4 - \ldots$; daher erhält man mit Beibehaltung der ersten und dritten Dimension, welches für gegenwärtigen Zweck genügt:

$$y = b + \varrho\,\frac{\beta}{n}\,\frac{b}{2\varrho}\left(2\,\frac{\beta}{n} + \frac{b}{\varrho}\right) - b\left(\frac{\beta}{n}\right)^2$$

$= b\left\{1 + \frac{1}{2}\,\frac{\beta}{n}\,\frac{b}{\varrho}\right\}$. Setzt man hierin $b = b_0 + \triangle\, b$ und $\beta = \beta_0 + \triangle\, \beta$, so folgt weiter

$$y = b_0 + \left(\frac{1}{2\varrho} - \frac{\beta_0}{n}\,b_0^2 + \triangle\, b\right)\;;\; y^2 = b_0^2 + 2\,b_0\left(\frac{1}{2\varrho} - \frac{\beta_0}{n}\,b^2_0 + \triangle b\right)\;;$$

$$y^4 = b_0^4$$

und hiermit:

$$2\,\varrho\,\sin^2\frac{\Theta}{2} = \frac{1}{2\varrho}\,b_0^2 + \frac{b_0}{\varrho}\left(\frac{1}{2\varrho} \cdot \frac{\beta_0}{n}\,b_0^2 + \triangle\, b\right) + \frac{1}{8\,\varrho^3}\,b^4_0$$

Nach den Substitutionen:

$$b_0 = \frac{H'\,h}{T}\;;\; \frac{\beta_0}{n} = -\,\frac{H'\,\underline{\sigma}}{T}\;;\; \triangle\, b = \frac{h \triangle\, \underline{H'} - h' \triangle\, \underline{H}}{T}$$

geht dieser Ausdruck endlich über in:

$$\left.\begin{aligned} &2\,\varrho\,\sin^2\frac{\Theta}{2} = \frac{H'^2\,h^2}{2\,\varrho\,T^2} \\ &+ \frac{1}{2\,\varrho\,T^2}\left\{\frac{H'^4\,h^3}{\varrho\,T^2}\left(\frac{h}{4\varrho} - \underline{\sigma}\right) + 2\,H'\,h\left(h \triangle\, \underline{H'} - h' \triangle\, \underline{H}\right)\right\}\end{aligned}\right\} \quad \ldots (15)$$

Neben dieses Resultat könnte noch ein zweites gestellt werden, das die Marken + statt — enthält; wir würden direct dazu gelangt sein, wenn wir den in der durchgeführten Betrachtung gleichberechtigten **gebrochenen** Strahl an Stelle des **auffallenden** Strahls substituirt hätten.

§. 7.

Ziehen wir die Gleichungen (14) und (15) zu Rath, so lässt sich die von uns oben mit W bezeichnete Grösse zunächst folgendermaassen ausdrücken:

$$W = -\frac{H'\left(\sigma_- - \sigma_+\right)}{NT^3}\left\{\begin{array}{c} \dfrac{\sigma_- - \sigma_+}{2\varrho}\left\{\dfrac{H'^4 h^3}{\varrho T^2}\left(\dfrac{h}{4\varrho} - \sigma_-\right) + 2H'h \right. \\ \left. \times\left(h\triangle H'_- - h'\triangle H_-\right)\right\} \\ + \dfrac{h}{2}\left\{\dfrac{H'^4}{T^2}\left(\sigma_-^4 - \sigma_+^4\right) + 2H' \times \right. \\ \left. \left[\sigma_-\left(\sigma'_-\triangle H_- - \sigma_-\triangle H'_-\right) - \sigma_+\left(\sigma'_+\triangle H_+ - \sigma_+\triangle H'_+\right)\right]\right\} \end{array}\right\}$$

und es ist nicht schwer, dieser Gleichung die übersichtlichere Form zu ertheilen:

$$W = -\frac{1}{2}\frac{H'^5 h\left(\sigma_- - \sigma_+\right)^2}{NT^5}\left\{\begin{array}{l} \dfrac{1}{4}\left(\dfrac{h}{\varrho}\right)^3 \\ -\sigma_-\left(\dfrac{h}{\varrho}\right)^2 \\ +\left(\sigma_- + \sigma_+\right)\left(\sigma_-^2 + \sigma_+^2\right) \end{array}\right\}$$

$$-\frac{H'^2 h\left(\sigma_- - \sigma_+\right)}{NT^3}\left\{\begin{array}{c} \dfrac{1}{\varrho}\left(\sigma_- - \sigma_+\right)\left(h\triangle H'_- - h'\triangle H_-\right) \\ +\sigma_-\left(\sigma'_-\triangle H_- - \sigma_-\triangle H'_-\right) - \sigma_+\left(\sigma'_+\triangle H_+ - \sigma_+\triangle H'_+\right) \end{array}\right\}$$

Um weiter zu vereinfachen, bedienen wir uns der Identität:

$$\sigma_-\left(\sigma'_-\triangle H_- - \sigma_-\triangle H'_-\right) - \sigma_+\left(\sigma'_+\triangle H_+ - \sigma_+\triangle H'_+\right)$$
$$= \sigma_+\left\{\sigma_+\left(\triangle H'_+ - \triangle H'_-\right) - \sigma'_+\left(\triangle H_+ - \triangle H_-\right)\right\},$$
$$+\left(\sigma_-\sigma'_- - \sigma_+\sigma'_+\right)\triangle H_- - \left(\sigma_-^2 - \sigma_+^2\right)\triangle H'_-$$

Ferner haben wir nach (11):

$$\sigma_+\left\{\sigma_+\left(\triangle H'_+ - \triangle H'_-\right) - \sigma'_+\left(\triangle H_+ - \triangle H_-\right)\right\}$$
$$= -\frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^2}\left(\frac{\sigma_- - \sigma_+}{N}\right)^2\left(\nu_-\sigma_- - \nu_+\sigma_+\right)\nu_+\sigma_+$$
$$-\frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^2}\frac{\sigma_- - \sigma_+}{N}\left(\nu_-\sigma_+ - \nu_+\sigma_-\right)\sigma_+^2,$$

und durch Anwendung von (1) ergibt sich:

$$\frac{1}{\varrho}\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)\left(h\,\triangle\,\underset{-}{H'}-h'\,\triangle\,\underset{-}{H}\right)+\left(\underset{-}{\sigma}\,\underset{-}{\sigma'}-\underset{+}{\sigma}\,\underset{+}{\sigma'}\right)\triangle\,\underset{-}{H}-\left(\underset{-}{\sigma}^2-\underset{+}{\sigma}^2\right)\triangle\,\underset{-}{H'}=$$

$$\triangle\,\underset{-}{H'}\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)\left\{\frac{h}{\varrho}-\left(\underset{-}{\sigma}+\underset{+}{\sigma}\right)\right\}-\triangle\,\underset{-}{H}\left\{\frac{h'}{\varrho}\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)-\left(\underset{-}{\sigma}\,\underset{-}{\sigma'}-\underset{+}{\sigma}\,\underset{+}{\sigma'}\right)\right\}=$$

$$\left[\triangle\,\underset{-}{H}\left(\underset{-}{\sigma'}-\underset{+}{\sigma'}\right)-\triangle\,\underset{-}{H'}\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)\right]\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}}{N}$$

Und jetzt ist demnach:

$$W=-\frac{H'^2\,h\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)}{NT^3}\left[\triangle\,\underset{-}{H}\left(\underset{-}{\sigma'}-\underset{+}{\sigma'}\right)-\triangle\,\underset{-}{H'}\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)\right]\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}}{N}$$

$$-\frac{1}{2}\,\frac{H'^5\,h\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)^2}{NT^6}\left\{\begin{array}{l}\frac{1}{4}\left(\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}}{N}\right)^3\\ -\underset{-}{\sigma}\left(\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}}{N}\right)^2\\ -\underset{+}{\sigma}^2\,\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}}{N}\\ -\underset{-}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}\,\frac{\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}}{N}\,\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}}{N}\\ +\left(\underset{-}{\sigma}+\underset{+}{\sigma}\right)\left(\underset{-}{\sigma}^2+\underset{+}{\sigma}^2\right)\end{array}\right\}\quad\ldots\ldots\ldots\ldots\quad(16)$$

Diesen Ausdruck substituiren wir in (13) und ziehen alle Glieder möglichst zusammen. Am besten erscheint es, besonders nach Anwendung der Beziehung $\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}}{N}=\left(\underset{-}{\sigma}+\underset{+}{\sigma}\right)-\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}}{N}$ bei folgender Form stehen zu bleiben:

$$\triangle_1\underset{+}{H}-\triangle_1\underset{-}{H}=-\frac{3}{2}\,\frac{H'^2\,h\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)}{NT^3}\left[\triangle\,\underset{-}{H}\left(\underset{-}{\sigma'}-\underset{+}{\sigma'}\right)-\triangle\,\underset{-}{H'}\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)\right]\left[\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}}{N}\right.$$

$$-\frac{3}{8}\,\frac{H'^5\,h\left(\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\sigma}\right)^2}{NT^6}\left\{\begin{array}{l}+\left(\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}}{N}\right)^3\\ -2\,\underset{-}{\sigma}\left(\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}}{N}\right)^2\\ +2\,\underset{+}{\sigma}\,\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}}{N}\,\frac{\underset{-}{\nu}\,\underset{+}{\sigma}-\underset{+}{\nu}\,\underset{-}{\sigma}}{N}\\ +\left(\underset{-}{\sigma}+\underset{+}{\sigma}\right)\left(\underset{-}{\sigma}^2-\underset{+}{\sigma}^2\right)\end{array}\right\}$$

Etwas mehr entwickelt stellt sich das Resultat auch so:

$$
\left.
\begin{aligned}
& T^5\left(\triangle_1 \underset{+}{H} - \triangle_1 \underset{-}{H}\right) = \frac{3}{2} h H'^2 T^2 \frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N} \left(\underset{--}{\nu\sigma} - \underset{++}{\nu\sigma}\right) \\
& \times \left\{ \triangle \underset{-}{H'} \frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N} - \triangle \underset{-}{H} \frac{\underset{-}{\sigma'} - \underset{+}{\sigma'}}{N} \right\} \\
& - \frac{3}{4} h H'^5 \frac{\underset{-+}{\nu\sigma} - \underset{+-}{\nu\sigma}}{N} \\
& \times \left\{ \left(\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\right)^2 \left(\underset{--}{\nu\sigma} - \underset{++}{\nu\sigma}\right) \underset{+}{\sigma} - \left(\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\right)^2 \left(\underset{-+}{\nu\sigma} - \underset{+-}{\nu\sigma}\right) \underset{-}{\sigma} \right\} \\
& - \frac{3}{8} h H'^5 \times \\
& \left\{ \frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N} \left(\underset{-}{\sigma^2} - \underset{+}{\sigma^2}\right)^2 + \left(\frac{\underset{-}{\sigma} - \underset{+}{\sigma}}{N}\right)^2 \left(\frac{\underset{-+}{\nu\sigma} - \underset{+-}{\nu\sigma}}{N}\right)^2 \left(\underset{-+}{\nu\sigma} - \underset{+-}{\nu\sigma}\right) \right\}
\end{aligned}
\right\} \quad \ldots\ldots (17)
$$

Diese Gleichung ist der unmittelbare Ausdruck für die Veränderung, welche $\triangle_1 H$ durch die Strahlenbrechung an einer neuen Fläche erleidet. Will man den Betrag dieser Variation nach einer beliebigen Anzahl von Brechungen oder Spiegelungen kennen lernen, so ist zu bedenken, dass $\triangle_1 H_{-1}$ den Werth Null hat, indem erst durch die Brechungen oder Spiegelungen Fehler im Bilde entstehen, und dass aus diesem Grunde die Beziehung stattfindet

$$\triangle_1 H_{2k+1} = \sum_{i=0}^{i=k} (\triangle_1 H_{2i+1} - \triangle_1 H_{2i-1})$$

Um die hierin angedeutete, über $k+1$ Flächen sich erstreckende Summation wirklich auszuführen, gibt man in (17) den Grössen h und N den Index $2i$ irgend einer Fläche, den mit $_-$ versehenen Grössen den Index $2i-1$ des der genannten Fläche vorausgehenden Mediums, und den mit $_+$ bezeichneten den Index $2i+1$ des nachfolgenden Mittels; sodann legt man $2i$ nach einander die Werthe $0, 2, 4, \ldots 2k$ bei und addirt sämmtliche Gleichungen, worauf linker Hand bloss die Grösse $T^5 \triangle_1 H_{2k+1}$ zum Vorschein kommt. Bringen wir jetzt im Hinblick auf (9) beiderseitig noch den Faktor $\frac{1}{T^5} \cdot \frac{\nu_{2k+1}}{\sigma_{2k+1}}$ an, so ist der Fehler $\triangle_1 \eta_{2k+1}$ fünfter Ordnung im Bilde für Strahlen, die ursprünglich von der Mitte des Gesichtsfeldes kommen, vollständig dargestellt.

§. 8.

Will man die Formel (17) bloss benutzen, um die Fehler eines fertigen Apparates zu studiren, so reicht die Kenntniss der ϱ und d hin, um die h, σ sowohl, wie die h', σ' mittels eines einfachen Algorithmus (A. N. Nr. 1027 p. 295) zu berechnen; will man aber auch die Berechnung eines erst herzustellenden Apparates darauf gründen, so ist es höchst wünschenswerth, dass bloss von einander unabhängige Grössen beibehalten werden. Die Hilfsmittel zur Elimination der h', σ' durch die h, σ sind in den A. N. Nr. 1028 p. 315 etc. gegeben. Auch können die $\triangle H$ leicht beseitigt werden. Aus (11) fände man leicht

$$\triangle H_{2i+1} = \frac{H'^3}{2T^3} \sum_{r=0}^{r=i} \left[h_{2r} \left(\frac{\sigma_{2r-1} - \sigma_{2r+1}}{N_{2r}} \right)^2 (\nu_{2r-1}\sigma_{2r-1} - \nu_{2r+1}\sigma_{2r+1}) \right]$$

Weil aber in dieser Formel $\triangle H_1$ nicht inbegriffen ist, so ist es passend, dieselbe ein wenig zu verändern, desgleichen die entsprechende Formel für $\triangle H'_{2i+1}$, so dass man hat:

$$\triangle H_{2i-1} = \frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^3} \sum_{r=0}^{r=i} \left[h_{2r-2} \left(\frac{\sigma_{2r-3} - \sigma_{2r-1}}{N_{2r-2}} \right)^2 (\nu_{2r-3}\sigma_{2r-3} - \nu_{2r-1}\sigma_{2r-1}) \right]$$

$$\triangle H'_{2i-1} = \frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^3} \sum_{r=0}^{r=i} \left[h'_{2r-2} \left(\frac{\sigma_{2r-3} - \sigma_{2r-1}}{N_{2r-2}} \right)^2 (\nu_{2r-3}\sigma_{2r-3} - \nu_{2r-1}\sigma_{2r-1}) \right]$$
$$- \frac{1}{2}\frac{H'^3}{T^2} \sum_{r=0}^{r=i} \left[\frac{\sigma_{2r-3} - \sigma_{2r-1}}{N_{2r-2}} (\nu_{2r-3}\sigma_{2r-1} - \nu_{2r-1}\sigma_{2r-3}) \right]$$

Den astronomischen Nachrichten entnehmen wir:

$$U_{2r-2} = \frac{1}{h_{2r-2}} \frac{N_{2r-2}}{\sigma_{2r-3} - \sigma_{2r-1}} - \sum_{n=1}^{n=i} \frac{\nu_{2n-3}\, d_{2n-3}}{h_{2n-4}\, h_{2n-2}}$$

$$①_{2r-2} = h_{2r-2} \left(\frac{\sigma_{2r-3} - \sigma_{2r-1}}{N_{2r-2}} \right)^2 (\nu_{2r-3}\sigma_{2r-3} - \nu_{2r-1}\sigma_{2r-1})$$

$$②_{2r-2} = ①_{2r-2}\, U_{2r-2}$$

Zudem stehen uns nach Nr. 1028 p. 315 d. A. N. noch folgende Beziehungen zu Gebot:

$$\left.\begin{aligned}
\sigma'_{2i-1} - \sigma'_{2i+1} &= (\sigma_{2i-1} - \sigma_{2i+1})(\chi - T\overset{i}{\Sigma}) + \frac{T N_{2i}}{h_{2i}} \\
\nu_{2i-1}\sigma'_{2i-1}\nu_{2i+1}\sigma'_{2i+1} &= (\nu_{2i-1}\sigma_{2i-1} - \nu_{2i+1}\sigma_{2i+1})\chi - T\overset{i}{\Sigma}) + \frac{2T N_{2i}\mu_{2i}}{h_{2i}} \\
\nu_{2i-1}\sigma'_{2i+1} - \nu_{2i+1}\sigma'_{2i-1} &= (\nu_{2i-1}\sigma_{2i+1} - \nu_{2i+1}\sigma_{2i-1})(\chi - T\overset{i}{\Sigma}) \\
h'_{2i} &= h_{2i}(\chi - T\overset{i}{\Sigma})
\end{aligned}\right\}$$

wobei die abkürzenden Bezeichnungen gebraucht wurden:

$$\frac{h'_0}{h_0} = \chi \; ; \; \nu_{2i-1} + \nu_{2i+1} = 2\mu_{2i} \; ; \; \overset{i}{\Sigma} = \sum_{n=1}^{n=i} \frac{\nu_{2n-1}\, d_{2n-1}}{h_{2n-1}\, h_{2n}}$$

Durch Benutzung der aufgeführten Hilfsmittel und durch Einführung der neuen Grösse

$$\boxed{1}_{2i} = h_{2i}\left(\frac{\sigma_{2i-1} - \sigma_{2i+1}}{N_{2i}}\right)^2 (\nu_{2i-1}\sigma_{2i+1} - \nu_{2i+1}\sigma_{2i-1})$$

lässt sich der Endausdruck ableiten:

$$\begin{array}{l} T^5(\triangle_1 H_{2i+1} - \triangle_1 H_{2i-1}) \\ \text{oder allgemeines Glied des} \\ \text{Ausdruckes } T^5 \triangle_1 H_{2k+1} \end{array} = \left\{ \begin{array}{c} \frac{3}{4} H'^5 \left\{ ①_{2i} \sum_{r=0}^{r-i} ②_{2r-2} \right. \\ \left. - ②_{2i} \sum_{r=0}^{r=i} ①_{2r-2} \right\} \\ - \frac{3}{4} H'^5 \frac{h_{2i}}{\varrho_{2i}} \left\{ ①_{2i}\, \sigma_{2i+1} \right. \\ \left. - \boxed{1}_{2i}\, \sigma_{2i-1} \right\} \\ + \frac{3}{8} H'^5 \left\{ ①_{2i} (\sigma^2_{2i-1} + \sigma^2_{2i+1}) \right. \\ \left. - \boxed{1}_{2i} (\sigma^2_{2i-1} - \sigma^2_{2i+1}) \right\} \\ - \frac{3}{8} H'^5 \left(\frac{h_{2i}}{\varrho_{2i}}\right)^2 \boxed{1}_{2i} \end{array} \right\} \quad \ldots (18)$$

Um $\triangle_1 \eta_{2k-1}$ zu erhalten, muss in (18) eine über $_{k+1}$ brechende Flächen sich erstreckende Summation vorgenommen und der Faktor $\frac{1}{T^5} \frac{\nu_{2k+1}}{\sigma_{2k+1}}$ angebracht werden, gerade wie dies im vorigen Paragraphen erläutert wurde.

Die Formel (18) entzieht sich keineswegs dem practischen Gebrauch. Man kann sie daher auch benutzen, um eine Anwendung auf das Königsberger Heliometer zu machen, gerade so wie dies bezüglich der Glieder dritter Ordnung bereits geschehen ist (A. N. Nr. 1029 §. 9). Folgende Zahlen geben die betreffenden Werthe der aufeinanderfolgenden Zeilen in (18) und die Summe derselben:

+	12945,320
—	242490,745
+	222722,325
+	6008,267
—	814,833

Man sieht, die Summe beträgt beiläufig den 300sten Theil des grössten Summanden, ein Factum, das wohl nicht dem Zufall zu verdanken ist, sondern vielmehr einen neuen Beweis der Meisterschaft Fraunhofer's liefert. Die von den Fehlern dritter und fünfter Ordnung herrührende longitudinale Abweichung (d. h. die Differenz der Vereinigungsweiten der Central- und der Randstrahlen) entziffert sich auf 0,052524 Linien; von diesem Betrage rühren 0,000763 Linien von den Gliedern fünfter Dimension her; letztere wirken daher in dem nemlichen Sinne wie die Glieder der vorausgehenden dritten Ordnung.

Ich bemerke noch zum Schluss, dass Herr A. Keller die in diesem Paragraphen erledigten Gegenstände in nächster Zeit ausführlicher veröffentlichen wird.

Distanzmesser ohne Standlinie und ohne Winkelmessung.

Von

Dr. H. Emsmann.

(Aus Poggendorff's Annalen. CXXIV, p. 337.)

Das Princip, auf welches sich mein neuer Vorschlag gründet, kommt darauf hinaus, die Stelle zu ermitteln, an welcher sich ein von dem seiner Entfernung nach zu bestimmenden Gegenstande erzeugtes physisches Bild am klarsten darstellt.

Die Stelle des Bildes, welches ein Convexglas oder ein Concavspiegel erzeugt, ist bekanntlich von der Entfernung des Objectes abhängig. Folgende kleine Tabelle zeigt, um wie viel Linien ($1'' = 12'''$) dies Bild in den angegebenen Entfernungen des Objects jenseits des Brennpunctes liegt, wenn die Brennweite des Objects $30''$ beträgt.

Entfernung des Objects		Abstand des Bildes in Linien
Schritt	Fuss	
50	120	7,66
100	240	3,789
150	360	2,513
200	480	1,884
250	600	1,506
300	720	1,254
350	840	1,074
400	960	0,94
450	1080	0,835
500	1200	0,752

Dies von dem Objective erzeugte Bild kann als Object für ein Convexglas benutzt werden, wie dies auch in dem astronomischen Fernrohre geschieht. Bei diesem Fernrohre steht aber das Bild des Objectives innerhalb der vorderen Brennweite des convexen Oculars.

Befindet sich nun dies Bild ausserhalb der Brennweite eines Convexglases, so entsteht ein physisches Bild von dem Bilde in der Stellung des Objectes hinter dem Convexglase und zwar in um so grösserer Entfernung, je näher das von dem Objective erzeugte Bild an dem Brennpuncte des Oculars steht.

Berechnet man bei ungeändertem Abstande dieses Convexglases von dem Objective den Ort des zweiten Bildes, so rückt dies immer näher dem hinteren Brennpuncte des sogenannten Ocularglases, je weiter das Object sich entfernt. Es liegt nun der Gedanke nahe, dies zweite Bild durch ein ferneres Convexglas, welches wie eine Lupe wirkt, zu betrachten, oder auch nur auf einem mattgeschliffenen Glase, welches sich in einem dunklen Raume befindet, wie bei Einstellung der photographischen Apparate, aufzufangen. Behalten das Objectiv und das Ocularglas denselben Abstand, so muss die Lupe oder das mattgeschliffene Glas für eine bestimmte Stellung des Objectes auch eine bestimmte Stelle einnehmen, und aus dieser Stelle ergiebt sich wieder die Entfernung des Objectes.

Dies ist der leitende Gedanke bei meinem Vorschlage. Dabei stösst man indessen auf manche Schwierigkeiten, die noch zu beseitigen sind.

Zunächst bemerke ich, dass sich ein als Lupe wirkendes Glas nicht als practisch bewährt hat, wohl aber die mattgeschliffene Glasscheibe. Zu den noch zu überwindenden Schwierigkeiten gehört erstens, dass das von dem Ocularglase erzeugte Bild um so grösser ausfällt und um so weiter absteht, je näher das von dem Objective erzeugte Bild dem Brennpuncte des Oculars steht. Diese Vergrösserung und dieser weite Abstand kann ein Maass überschreiten, welches die ganze Ausführung vereitelt. Es ist daher festzusetzen, bis zu welchem Abstande hinter dem Ocularglase das Bild nur höchstens zu Stande kommen darf, damit ein passendes Maass nicht überschritten werde. Als Maximum habe ich 20 Zoll gesetzt und diese Annahme durch Versuche auch als statthaft erkannt. — Zweitens ist eine Schwierigkeit, dass bei zunehmender Entfernung des Objectes die Ortsveränderung des auf der matten Glasscheibe aufzufangenden Bildes schliesslich ungemein klein wird. Es ist dies derselbe Uebelstand, welcher bisher die Distanzmesser nur bis auf geringe Tragweite ausführbar gemacht hat. Diesen Uebelstand habe ich dadurch beseitigt, dass ich mir als Minimum der Verschie-

bung der matten Glasscheibe, also der Ortsveränderung des aufzufangenden Bildes, bei einer Entfernungszunahme des Objectes von 50 Schritt oder 120 preuss. Fuss, eine Linie gesetzt habe. Hierdurch erreicht man die Entfernungsbestimmung des Objects bei einem gewissen Abstande des Ocularglases von dem Objective bis zu einer gewissen Gränze hin. Um nun noch grössere Entfernungen bestimmen zu können, ist nur nöthig dem Ocularglase eine andere Stellung zu dem Objective zu geben, so dass nicht nur die erste Bedingung wegen des Abstandes des aufzufangenden Bildes hinter dem Ocularglase von höchstens 20 Zoll erfüllt ist, sondern auch von da ab ein neues Messen von einer noch innerhalb der ersten Grenze liegenden Entfernung ab bis zu einer ferner liegenden Grenze möglich wird.

Es ist klar, dass man dies Verfahren mehrmals wiederholen und zu immer grösseren Entfernungsbestimmungen fortschreiten könnte. Hierbei stellt sich indessen wieder eine Schwierigkeit in den Weg, dass nämlich schliesslich keine Ortsveränderung von einer Linie auf 50 Schritt durch dasselbe Objectiv und Ocular sich erreichen lässt und die Tragweite des Instrumentes also aufhört. Um indessen auch dem abzuhelfen und eine noch grössere Tragweite zu ermöglichen, bedarf es nur eines neuen Instrumentes von grösserer Brennweite des Objectivs bei demselben Oculare, welches noch innerhalb der äussersten Grenze des ersten Instrumentes seine Messungen beginnt und sich an das schwächere, gewissermaassen wie sich Araeometer mit ihren Scalen an einander reihen, anreiht, oder man setzt bei gleichbleibendem Objective ein Ocularglas von geringerer Brennweite ein in der Weise, wie dies bei den Feldstechern zur Ausführung gebracht wird.

Ich gebe nun zur Veranschaulichung die Berechnung eines derartigen Distanzmessers mit einem Objective von 30 Zoll und einem Ocularglase von 1 Zoll Brennweite, weil ich gerade diese Combination mit Hülfe eines Münchner Fernrohres von 30 Zoll Brennweite des Objectivs, an welches ich ein Ocularglas von 1 Zoll Brennweite einsetzte, zu prüfen Gelegenheit gehabt habe.

Entfernung des Objectes		Stand des Objectivbildes hinter dem Brennpuncte	Stellung der matten Glasscheibe hinter dem Ocular in Linien bei einem Stande des Oculars hinter dem Brennpuncte des Objectivs von		
Schritt	Fuss	Linie	15''',2	13''',6	13'''
50	120	7,66			
100	240	3,789			
150	360	2,513	221,6		
200	480	1,884	121,4		
250	600	1,506	97,0		
300	720	1,254	86,0		
350	840	1,074	79,7		
400	960	0,94	75,7	230,2	
450	1080	0,835	73,3	200,2	
500	1200	0,752	70,8	181,8	
550	1320	0,683	69,2	169,0	
600	1440	0,626	67,9	159,8	
650	1560	0,578	66,9	152,9	
700	1680	0,536		147,3	
750	1800	0,500		143,0	
800	1920	0,469		139,3	
850	2040	0,441		136,2	
900	2160	0,417		133,7	
950	2280	0,395		131,5	
1000	2400	0,375		129,5	
1050	2520	0,357		127,8	235,9
1100	2640	0,341		126,37	230,5
1150	2760	0,326		125,03	225,6
1200	2880	0,312		123,8	221,3
1250	3000	0,300		122,7	217,7
1300	3120	0,288			214,2
1350	3240	0,278			211,4
1400	3360	0,268			208,7
1450	3480	0,259			206,3
1500	3600	0,250			204,0
1550	3720	0,242			201,9
1600	3840	0,234			200,0
1650	3960	0,227			198,3
1700	4080	0,220			196,7
1750	4200	0,214			195,2
1800	4320	0,208			193,8
1850	4440	0,202			192,4
1900	4560	0,196			191,3
1950	4680	0,192			190,2
2000	4800	0,187			189,1

Das Instrument trägt, wenn das Ocularglas 15''',2 hinter dem Brennpuncte des Objectivs seine Stelle hat, von 150 bis 650 Schritt, wobei bis zu 500 Schritt hin schon auf je 25 Schritt Entfernungszunahme eine Ortsveränderung der Scheibe von über einer Linie eintritt; bei 13''',6 Abstand des Ocularglases von dem Brennpuncte des Objectivs geht die Tragweite von 400 bis 1250 Schritt und zwar bis zu 1000 Schritt hin mit wenigstens einer Linie Verschiebung auf eine Entfernungszunahme von 25 Schritt; bei einem Stande des Oculars von 13''' arbeitet das Instrument von 1050 bis 2000 Schritt und zwar bis 1550 Schritt auf je 25 Schritt mit einer Verschiebung der Scheibe von wenigstens einer Linie. Das Instrument trägt also auf 2000 Schritt oder $^1/_5$ Meile mit einer Verschiebung der matten Scheibe von einer Linie auf 50 Schritt oder bis 1550 Schritt mit einer ebenso grossen Verschiebung auf je 25 Schritt.

Ein Instrument mit einem Objective von 36'' und einem Oculare von 1'' Brennweite würde in gleicher Weise $^1/_4$ Meile weit tragen, nämlich bei einem Stande des Oculars von 13''',6 von 600 Schritt bis 1650, und bei einem Stande desselben von 13''' von 1500 bis 2500 Schritt und zwar im ersten Stande bis zu 1250 Schritt und im zweiten bis zu 1950 Schritt mit einer Verschiebung der Scheibe von einer Linie auf je 25 Schritt Entfernungszunahme des Objectes.

Die von mir hier gegebene Berechnung für ein Objectiv von 30'' und ein Ocular von 1 Zoll Brennweite soll nur als Beispiel dienen. Es leuchtet ein, dass man die Tragfähigkeit noch weiter treiben kann, und steht auch zu erwarten, dass die vielleicht sonst noch bei den ersten Ausführungen meines Vorschlags sich geltend machenden Uebelstände sich wohl werden überwinden lassen. Zunächst möchte ich meinen Vorschlag für Strandbatterien empfehlen, wo es darauf ankommt, ein feindliches Schiff zu beschiessen. Bei Belagerungen hat man Zeit, um mittelst einer Standlinie die Entfernung des zu beschiessenden Zieles zu ermitteln.

Das oben berechnete Instrument würde eine Länge von etwa $5^1/_2$ Fuss erreichen und auf einem Stative mit verticaler und horizontaler Bewegung mittelst einer Nuss ruhen. Wegen der näheren Einrichtung dürfte ein ausführender Optiker eher das Richtige und Zweckmässige treffen als ich selbst. Nur bemerke ich, dass eine Einstellung des Ocularglases mittelst einer gezahnten Stange ausreicht, und dass ebenso die Verschiebung der matten Glasscheibe sich durch eine solche,

die gleichzeitig die Entfernungsscala enthalten müsste, wird mit ausreichender Genauigkeit bewerkstelligen lassen. Die Glasscheibe erhält höchstens einen Durchmesser von 6 Zoll, wie ich mich durch meine Versuche überzeugt habe. Hinter dem Ocularglase erweitert sich das Instrument und die Glasscheibe befindet sich an der letzten mehrerer in einander verschiebbaren Röhren, so dass eine Verschiebung der Scheibe von 5 Zoll bis 20 Zoll von dem Oculare möglich wird. Das von der Glasscheibe geschlossene Ende erhält einen konischen Ansatz mit einer Ocularöffnung.

Distanzmesser ohne Standlinie und ohne Winkelmessung.

Von

S. Merz.

(Kunst- und Gewerbeblatt für das Königreich Bayern. April 1865.)

Schon vor Jahren mit der Herstellung eines Distanzmessers ohne Standlinie und ohne Winkelmessung beschäftigt, leider aber durch anderweitige Berufsgeschäfte bisher von dem gedachten Vorhaben immer wieder abgezogen, kommt mir so eben der treffliche Aufsatz des Herrn Dr. Emsmann in Poggendorff's Annalen Bd. 124 p. 337 über den vorwürfigen Gegenstand zu. Weit entfernt, das Princip desselben nicht neu oder den Distanzmesser unpractisch finden zu wollen, dürfte er doch für Linienofficiere wie in sonstigen ähnlichen Fällen des Gebrauches sich vielfach nicht compendiös genug erweisen, da Herr Dr. Emsmann für das bereits berechnete Instrument eine Länge von etwa $5^1/_2$ Fuss beansprucht.

Ich fand mich daher veranlasst, meine früheren Arbeiten wieder aufzunehmen und greife dabei auf meinen Brennweitenmesser zurück, dessen Beschreibung zuerst in Poggendorff's Annalen Bd. 64 p. 321 und im Kunst- und Gewerbeblatt, Jahrgang 1851 p. 261 erschien. Derselbe besteht, wie bekannt, aus einem für Parallelstrahlen accomodirten Fernrohre. Er misst die Focalweite eines Glases durch einfaches Vorhalten desselben vor das Object dieses Fernrohres, wenn durch die besagte Combination nach einem verrückbaren Objecte gesehen und dessen Entfernung vom Glase auf einem Maassstabe abgelesen wird, sobald das Object im Fernrohre scharf erscheint, indem alsdann die abgelesene Entfernung gleich der Focalweite des vorgehaltenen Glases sein muss.

Auf dieses Princip denke ich jetzt die Construction eines Distanzmessers zu basiren oder besser gesagt, der erwähnte Brennweitenmesser, in grösserer Dimension ausgeführt, scheint mir schon der ver-

langte Distanzmesser ohne Standlinie und ohne Winkelmessung zu sein. Er ist ja tauglich, Distanzen durch unmittelbares Anvisiren zu messen, da bei dem in Rede stehenden Apparate Brennweite und Entfernung ganz identische Grössen sind. Man bedarf eben nur für jede gewünschte Distanz das passende Correctionsglas oder eine Combination von Gläsern, die eine grössere Menge solcher Correctionsgläser entbehrlich macht. Betrachten wir uns in dieser Absicht die bekannte optische Formel

$$P = \frac{p\,(p' - d)}{p + (p' - d)}$$

in der uns p und p' die Focalweiten zweier Gläser, d ihre Distanz und P die resultirende Brennweite der Combination pp' verstellen, so sehen wir auf den ersten Blick, dass bei einem variablen d, (p und p' constant angenommen) auch die resultirende Brennweite variabel wird, und erhalten daraus die Construction der gewünschten Universal-Corrections-Combination, die für $d = o$ zugleich ihren relativ grössten Werth erreicht.

Da es ferner eine ganz natürliche Forderung an einen Distanzmesser ist, dass er möglichst grosse Distanzen messe, so erfahren wir aus obiger Formel zugleich, wie wir über den Werth von p und p' disponiren müssen, wenn P ein Maximum werden soll. Nachdem wir vorerst $d = o$ setzten, setzen wir jetzt $P = \infty$, woraus

$$P = \infty = \frac{pp'}{p - p'}$$

folgt, dass $p = p' = o$ oder die Werthe von p und p' gleich gross und p' negativ genommen werden müssen.

Wir brauchen somit, um den gedachten Distanzmesser zu construiren, alles zusammengefasst, ein für Parallelstrahlen corrigirtes Fernrohr und zwei Linsengläser von äquivalenter Focalweite, das eine positiv, das andere negativ, dieselben so dem Fernrohre vorgesteckt, dass ihre Entfernung unter sich innerhalb gewisser Grenzen verändert werden kann, und schliesslich ihre gegenseitige Stellung in ein sichtbares Maass überzutragen, da aus diesem die zu ermittelnde Distanz des anvisirten Objectes resultirt.

Um dabei bezüglich des Werthes von pp' oder der Grösse $\pm p$, von der nunmehr die Grösse d abhängt, ins Klare zu kommen, wollen wir annehmen, dass eine Grösse von 0,001 Zoll durch mechanische Hilfsmittel sich noch völlig sicher bestimmen lasse. Unter dieser Vor-

aussetzung wäre schon bei einem Werthe von 20 Zollen für $\pm p$ die Möglichkeit gegeben, Distanzen von über eine Meile zu messen. Da jedoch bei langen vorderen Vereinigungsweiten die Differenzen hinterer Vereinigungsweiten sehr klein ausfallen, so steht die Empfindlichkeit eines solchen Distanzmessers sehr in Frage und es erscheint wohl gerathen den Werth von $\pm p$ mindestens auf 100 Zolle zu erhöhen.

Wir erhalten dabei für eine Object-Entfernung von

500 Fuss		$d = 1{,}69491$
12000 „	(1 Stunde)	$d = 0{,}08340$
24000 „	(1 Meile)	$d = 0{,}03473$

oder nun eine etwa 35mal grössere Empfindlichkeit als bei $\pm p = 20$, ohne dabei das ganze Instrument sehr wesentlich zu vergrössern, da für 500 Fuss Object-Distanz die Trennung der Linsen pp' noch nicht einmal $1\,^3/_4$ Zoll beträgt.

Berechnen wir jetzt den Werth der Linsendistanz für 10000 Fuss Object-Entfernung, so ergibt sich $d = 0{,}06949$, demgemäss für eine Object-Distanz-Differenz von 2000 Fuss noch eine Einstellungs-Differenz von 0,0139. Es heisst dies mit anderen Worten und unter der obigen Voraussetzung, dass eine Verrückung von 0,001 Zoll auf mechanischem Wege noch völlig sicher bestimmt werden könne, soviel als dass der gedachte Distanzmesser über 10000 Fuss Entfernung zweifelsohne eine Zunahme von je 200 Fuss messen lasse. Innerhalb 600 Fuss oder $^1/_4$ Meile sind wohl schon je 30 Fuss messbar.

Wäre diese Empfindlichkeit übrigens nicht genügend, so gibt eine Vergrösserung von $\pm p$, wie aus vorstehender Deduction ersichtlich ist, unfehlbar die Mittel an die Hand, um jede gewünschte Genauigkeit zu erreichen.

Das Fernrohr selbst endlich anlangend, dürfte ein $1\,^1/_2$ füssiges Zugfernrohr zuverlässig ausreichen. Es spricht dafür eine Erfahrung des Fraunhofer'schen Institutes, dem z. Z. vorzustehen ich die Ehre habe. Daselbst ist seit Langem Usus, Planflächen auf ähnliche Art zu prüfen und bedingt die mindeste Abweichung von der ebenen Form stets eine merkliche Einstellungsdifferenz schon bei Anwendung eines $1\,^1/_2$ füssigen Fernrohres. Mit Einrechnung eines solchen Fernrohres wird der Distanzmesser keinenfalls 2 Fuss Länge übersteigen und noch als Hand-Instrument gelten dürfen. Es soll dabei freilich nicht gesagt sein, dass eine Vergrösserung des Apparates zwecklos wäre,

denn Genauigkeit der Messung oder Empfindlichkeit des Apparates stehen hier jedenfalls im geraden Verhältnisse zur Grösse.

Wenn ich mir nun erlaube, meinen Brennweitenmesser hiemit als Distanzmesser in die Praxis einzuführen, darf ich zu Gunsten des Messprincipes wohl noch einiger in der That ausgeführten grösseren Messungen Erwähnung thun. Es waren dies Brennweitenmessungen von Miren-Gläsern auf Entfernungen von mehreren hundert Fussen. Diese Gläser, von dem optischen Institute geliefert, finden sich auf den Sternwarten von Pulcowa, Kiew, Neuenburg, Palermo etc. Die Richtigkeit der Messung fand durch die nach Maassgabe der Brennweite aufgestellten Meridianzeichen dortselbst ihre volle Bestätigung.

Einfaches Experimentirmittel für Flötenpfeifen.

Notiz von Dr. A. Kurz in München.

Angeregt durch das Bedürfniss und die Notiz „Ein sehr einfaches Surrogat für Stimmgabeln von J. J. Oppel. Pogg. Ann. CXXII“ fertigte ich aus Notenpapier Rollen, einfach mit einer Schnur zusammengehaltene von $2^1/_2$ bis 3 Centimeter Durchmesser, für die dreizehn Töne der chromatischen Tonleiter vom eingestrichenen bis zum zweigestrichenen fis, zwischen welchen als vierter Ton das a der gewöhnlichen Stimmgabel liegt. Die Rollenlängen ($\frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}vt$) berechnete ich, unter der Annahme von $v = 33000^{cm}$ und $t = \frac{1}{440}$ für den Stimmgabelton, in Centimeter zu 44·4, 42·1, 40·0, 37·5, 35·5, 33·3, 31·2, 30·0, 28·1, 26·6, 25·0, 24·0, 22·2.

Lässt man diese Rollen der Reihe nach einige Zoll hoch herabfallen auf den Tisch, so vernimmt auch ein ungeübtes Ohr und auf die Entfernungen eines geräumigen Zimmers hinaus die Tonleiter, oder den Durakkord u. s. w. Eine verdeckbare Röhre (nach Art eines Penals) liess ich vom Buchbinder fertigen; dieselbe hat die Hälfte von 37·5 oder $18{\cdot}8^{cm}$ Länge und zwei Auszüge von je 9·4, mittelst deren ich dann auch nach Bedarf eine der obigen Rollen ansetzen konnte. Diese geleimte Röhre sprach Anfangs nicht an wie jene Rollen, so lange ich sie nicht weich gedrückt hatte. Alsdann gab sie, wenn beiderseits offen, der Theorie entsprechend und deutlich das zweigestrichene a, und gedeckt das eingestrichene (der Stimmgabel). Halbgedeckt machte sie das zweigestrichene gis, und bis auf $^3/_4$ Durchmesser gedeckt das benachbarte fis hörbar. Als Vergleichungsmittel dienten obige Rollen.

Ich erwähne noch die sehr ansprechenden Resonanzversuche. Die offene Rolle 37·5 und die gedeckte Röhre 18·8 resoniren auf den Ton der Stimmgabel als auf ihren Grundton; die Rolle 2.37·5 oder 75 giebt merklich gleich starke Resonanz des Stimmgabeltones als der ihres ersten Obertones. Dagegen resonirt hierauf nicht die gedeckte

Röhre von 2.18·8 oder 37·5, weil sie bekanntlich als ersten Oberton die Duodecime hat, welche wirklich bei der gedeckten Röhre 3.18·8 oder 56·3 deutlich auf das a der Stimmgabel antwortet.

Diese Versuche genügten vorderhand meinem praktischen Bedürfnisse. Die deutliche Vernehmbarkeit der musikalischen Tonhöhe bei solch schwachen Geräuschen ist ebenso überraschend als obige Versuchsmittel einfach und zweckdienlich genannt werden können.

Gyrotropischer Apparat.[1]

Von

C. A. Grüel, Mechaniker in Berlin.

Obgleich die Zahl der commutatorischen und gyrotropischen Vorrichtungen schon bedeutend ist, glaube ich dennoch die nachstehend beschriebene Construction empfehlen zu dürfen, weil sie bei grösster Einfachheit, erprobtem stets zuverlässigem Contact, symmetrischer gefälliger Form, eine Unverletzlichkeit der in Wirkung tretenden Theile zeigt, wie sie nur immer gewünscht werden kann. Selbst das hübsche walzenförmige Ruhmkorff'sche Gyrotrop leidet zuweilen durch zufälliges Abbiegen der anschleifenden Federn; ein Umstand, welcher nur mit Zeitverlust wieder gut gemacht werden kann. Sehr wenig entsprechend sind aber Exemplare, bei welchen Amalgamation oder aber Berührung unedler Metalle, Messing etc. stattfindet. In letzterem Fall erscheint es noch als ein Vortheil, wenn die Contactstellen beim Gebrauch mit Reibung aneinander streifen, weil hierdurch ihre metallische Berührung mehr gesichert oder befördert wird.

Die nachstehend beschriebene, in Fig. 4 Taf. XXII abgebildete Form eignet sich auch für Apparate, wo rapide Schliessung mit Strom-Wechselung permanent nöthig ist, wie bei einigen electromagnetischen Motoren, und sie gewährt in diesem Falle den Vortheil, die Zeitdauer der Strom-Unterbrechung nach Belieben verkürzen zu können.

Eine quadratische Platte von Holz, Ebonit, Marmor etc. (circa $4^1/_2$ bis 5″ im Quadrat) trägt in ihrer Mitte eine kreisförmige drehbare Scheibe von nichtleitendem Material. Der mit derselben verbundene Griff erhebt sich ausserhalb der Peripherie so weit, dass ein Anstreifen an die vier Schraubenklemmen vermieden ist. In einiger Entfernung, concentrisch mit dem Rande der Scheibe, stehen acht

---

1) Dingler, Polytechnisches Journal 1864, Bd. 172, pag. 132.

starke Kupferstifte, und je zwei derselben sind oben durch einen federnden Kupferstreifen, unten aber durch Draht und Löthung verbunden. Die Scheibe ist mit 2 kupfernen Blechstreifen, wenig länger als $^1/_4$ Kreisbogen, und einander diametral gegenüber liegend, belegt. Die Löthung und Verbindung der Klemmen mit den Stiften ist aus der Skizze der Kehrseite ersichtlich. Steht der Griff einer der Ecken der Platte zugekehrt, so findet Schliessung statt. Stromwechsel entsteht, wenn man den Griff zur nächsten beliebigen Ecke hinwendet, Stromunterbrechung dagegen, wenn der Griff ungefähr die Mitte zwischen zweien Ecken einnimmt.

Aus der Figur ersieht man leicht, dass die Federn, welche die Scheiben-Peripherie elastisch berühren, einen doppelt gesicherten Contact und eine nicht leicht zu verletzende Anordnung haben, dabei aber jedem Augenblick verändert werden können. Eine Verlängerung der Streifen an der Scheibe selbst verringert die Zeit der Stromunterbrechung relativ, bei permanenter Drehung der Scheibe. Ich erwähne nur noch, dass die vier federnden Streifen keine Löthung bekommen dürfen.

Duchemin's Zinkkohlenkette.

In den Annales du Génie civil, Juli 1865, und in Dingler's Journal, zweites Octoberheft 1865, findet sich eine Notiz über diese neue galvanische Kette. Der Unterschied zwischen derselben und der Bunsen'schen besteht darin, dass Herr Duchemin die Salpetersäure durch eine Lösung von Eisenchlorid mit einem Concentrationsgrade von 32° Beaumé ersetzt, während das Zink in angesäuerte Kochsalzlösung getaucht ist. Diese Substitution vermeidet die salpetrigsauren Dämpfe, conservirt sehr lange Zeit die Amalgamation des Zinkes, und gestattet die Elemente ebensowohl in einem Salon als in einem Zimmer aufzustellen. Die neue Kette kann mehrere Wochen in Thätigkeit bleiben oder für die Anwendung vorbereitet erhalten werden.

Nach 18 Tagen liefert ein einziges Element noch einen genügend starken Strom, um die Zerlegung eines Salzes zu bewirken; das Experiment wurde mit Glaubersalz angestellt.

Duchemin hat eine Batterie aus drei Elementen zusammengesetzt, welche vom Mai bis Juli benutzt werden konnte.

Ruhmkorff hat bestätigt, dass, wenn die Flüssigkeiten unberührt bleiben, eine Duchemin'sche Batterie während der Dauer von drei Wochen einen grossen Inductionsapparat in vollständiger Thätigkeit erhalten konnte.

Nach du Moncel's Untersuchungen sind die Constanten dieser Kette im Vergleiche zur Bunsen'schen folgende.

	Duchemin.	Bunsen.
Electromotorische Kraft .	9,640	11,123
Wesentlicher Widerstand .	942 Meter	153 Meter.

Wenn man das Kochsalz durch chlorsaures Kali ersetzt, soll eine beträchtliche Zunahme der magnetischen und calorischen Wirkungen hervorgebracht werden.

Der Referent im Dingler'schen Journale macht mit Recht auf den Umstand aufmerksam, dass die allgemeine Anwendung dieser Kette dadurch beeinträchtigt werde, dass der innere Widerstand derselben sehr gross, nämlich etwa das Fünffache der Bunsen'schen Kette ist.

Ueber Pantographen.

Von

Ernst Fischer, Ingenieur in München.

Ein Pantograph (von πᾶν ganz, all und γράφειν schreiben, also ein Allschreiber, Allzeichner), auch Storchschnabel genannt, ist ein Zeichnenapparat, durch welchen man in den Stand gesetzt ist, die verschiedensten Arten von Plänen, Karten und sonstigen Zeichnungen in gleich grossem, oder beliebig verkleinertem oder vergrössertem Maassstabe zu copiren. Die praktische Anwendung des Pantographen beschränkt sich jedoch in fast allen Fällen nur auf das Verkleinern der Originale. [1])

Schon vor mehr als 200 Jahren war man durch den Erfinder P. Christoph Scheiner in den Besitz dieses Apparates versetzt; Scheiner hat eine ausführliche Beschreibung seiner Erfindung nebst Andeutung der mannigfaltigsten Anwendung, welcher dieselbe fähig, in seinem Werke: „Pantographice seu ars delineandi", Rom, 1631, niedergelegt, und gibt die Beweise der Brauchbarkeit in Lib. I. Part. 2, besonders Propos. 5, 6, 7 und 8; auf dem Titelblatte dieses Werkes deutet er durch eine höchst originelle Darstellung an, wie der Pantograph sogar an der Staffelei gebraucht werden könnte, um räumliche Gegenstände abzuzeichnen. (Unter der auf diesem Titelblatte befindlichen Staffelei stehen die Worte: „Inspice et fac secundum exemplar.")

Um den Grad der Vervollkommnung, welchen diese Erfindung nach dem Verlaufe von mehr als zwei Jahrhunderten erreicht hat, recht

---

1) Ein dem Pantographen verwandter Apparat ist der Ikonograph (von εἰκών das Bild, und γράφειν schreiben, zeichnen) von J. Lohse, beschrieben in dem Jahresberichte der Hamburger Gesellschaft zur Verbreit. mathemat. Kenntn. Hamb. 1832, welcher aus einer vertikalen, in irgend einem aliquoten Theile derselben, nach allen Seiten hebelartig drehbaren, an beiden Enden mit beweglichen Stiften versehenen Röhre besteht, wobei, wenn der obere Stift eine Zeichnung nachfährt, der untere dann dieselbe auf einen Stein gleich verkehrt aufträgt.

auffallend zu sehen, ist es nicht uninteressant, die jetzigen Pantographen dem ältesten gegenüberzustellen und habe ich diesen daher auf Taf. XXVII. Fig. 1 und 2 nebst Details, wie er in dem Scheiner'schen Werke abgebildet ist, wiedergegeben. Man ersieht daraus die Zusammensetzung des Apparates aus 4 Linealen in der Art, dass durch dieselben ein in seinen Ecken drehbares Parallelogramm gebildet wird. Die Lineale sind durch mit Löchern versehene cylindrische Stäbe zusammengehalten; an einem derselben befindet sich der Fahrstift *F*, welcher die abzuzeichnende Figur umfährt; an einem andern Lineale der Zeichnenstift *Z*, welcher die Figur copirt und an der Verbindungsstelle *V* der äusseren Lineale ist der Drehungsmittelpunkt *M* der ganzen Vorrichtung, welcher auf dem Zeichnentische befestigt wird.[1])

Im Wesentlichen ist diese Construction bis in die Neuzeit beibehalten worden, und hat man dabei immer folgende zwei Bedingungen erfüllt:

1) Die Figur, welche von den vier Linealen eingeschlossen wird, muss ein genaues Parallelogramm sein; und
2) die drei Puncte, nämlich der stillstehende Mittelpunct, um welchen die Drehung des ganzen Apparates geschieht; der Fahrstift, welcher die gegebene Figur umfährt, und der Zeichnenstift, welcher die Copie herstellt, müssen in allen Lagen des Apparates eine mathematisch genaue gerade Linie bilden.

Der Zeichnentisch muss natürlich immer so gut als möglich eben und so gross sein, dass Fahr- und Zeichnenstift in ihren äussersten Lagen noch darauf Platz haben, übrigens richtet sich dies ganz nach

---

1) Zu Figur 2, Taf. I, aus Scheiner's Werk: Lib. I. Pars I. Cap. III. p. 12. Tres pro parallelogrammo Styli. Pro tribus parallelogrammi certis locis fine punctis (quorum certam designationem postea docebo) habendi sunt tres styli. Unus pro Centro fixo; alter pro Indice; tertius pro Calamo. Primum oportet esse solidum ex metallo, vel osse, aut ligno solido tenacem, parte inferiore crassionem, superiore aequabiliter subtiliorem teretem, ad sustinendum in centro fixo totum instrumentum, cuius formae variae sunt, ut videre est in *A*, ex ligno osse vel metallo fabrefacto, et *B*, ex mero metallo. *A* infra major, supra in *C* minor, variis foraminulis ad acum capiendam perforatus est. *B* totus firiatus duo torcularia *D* et *E*, sursum et deorsum circa axem *BF*, volubilia habet. Index unus è ligno, osse vel metallo est *G*, utrimque molliter acuminatus, alter *H*, metallicus, ad *I* striatus. Syli scriptorii sunt *K* et *L*. Ille quidem osseus, ligneus aut metallicus, hic vero solum metallicus; quorum uterque infra ad *K*, et *L*, plumbaginem scriptoriam insertam habet, supra vero ad *M* et *N* aequabili rotunditate attenuati exporriguntur. In gleicher Weise folgt im nächsten Absatze dann Beschreibung von Claui und Fulcra *P* et *Q*.

der Grösse der anzufertigenden Zeichnungen und ist es Sache desjenigen, welcher mit einem Pantographen arbeitet, die zweckmässigste Stellung des letzteren auf dem Zeichnentische durch Probiren zu ermitteln.

Die ersten Verbesserungen des Pantographen erwähnt Nils Marelius, Premierlieutenant des kgl. schwed. Landmessercomptoirs in seiner Abhandlung über Storchschnäbel, welche in den Abhandlungen der schwedischen Academie der Wissenschaften, aus der Naturlehre, Haushaltungskunst und Mechanik auf das Jahr 1766, Bd. 29, pag. 181 u. ff. abgedruckt ist. Ich führe in Folgendem Marelius selbstredend ein:

„Aus vier Linealen lässt sich ein Parallelogramm auf neunerlei Arten zusammensetzen, wie die Figuren 3 bis 11, Taf. XXVII zeigen.[1])

„Nr. 1 besteht aus 4 gleichen Linealen mit ihren Enden zusammengesetzt; weil es aber hier unmöglich ist, drei Puncte in eine gerade Linie zu bringen, so ist diese Verbindung zum Nachzeichnen nicht dienlich.

„Bei Nr. 2 geht das Stück *cd* des Lineales *bd* über das Parallelogramm heraus. Ist da *cd* so lang als *bc*, so legt man das Original unter den Griffel *a*, der Zeichnenstift *e* zeichnet alsdann das Original so nach, dass jede Linie in der Copie halb so lang wird, als im Original. Will man das letztere noch stärker verkleinern, so bringt man *d* und *e* näher an *c* u. s. w., aber weil bei diesem Verfahren viel Unbequemlichkeiten sind, ist es nicht gebraucht worden.

„Nr. 6, 7, 8 und 9 haben mehrere aus dem Parallelogramm herausgehende Lineale man findet sie in Bion's mathematischer Werkschule 3. Bd. 2. Cap. beschrieben und abgebildet. Auf diese Art ist auch ein Storchschnabel eingerichtet, den man voriges Jahr[2]) aus Frankreich erhalten hat und den man als eine kostbare, zum Nachzeichnen der Karten höchst unentbehrliche Maschine unter dem Namen Pantograph beschreibt. Dieser Storchschnabel ist sehr gut gemacht, und seine Lineale sind von Stahl und sehr gut polirt; auch ist folgende Verbesserung dabei angebracht:

1) Verschiedene Arten dieser Zusammensetzung sind übrigens schon in Scheiner's Pantographice etc. L. I. p. 20 angegeben.

2) Also 1765.

„Scheiner und Bion geben auf ihren Linealen nur Löcher an, in die man sowohl den unbeweglichen Mittelpunct, als die beiden Stifte setzen kann, dadurch lässt sich die Copie nur in dem Verhältnisse bewerkstelligen, welches die Löcher bestimmen. An diesem Storchschnabel lassen sich die drei Puncte, an welche Stelle man will vermittelst beweglicher Hülsen bringen. Indessen ist auch dieses nichts Neues, man findet solche bewegliche Hülsen sowohl an dem alten grösseren Storchschnabel von Messing, der zu Leyden gemacht ist, auch sind dergleichen hier allezeit von den Herren Eckström, Steinholz und Westberg gemacht worden."

Nachdem nun Marelius über die Art gesprochen, wie die Verstellung der Stifte bei einem gewissen Verkleinerungsverhältnisse zu geschehen hat, und nachdem er die Art der Graduirung der Lineale erklärt, erwähnt er noch einer Verbesserung, welche in einer Schleifvorrichtung besteht, die der Art beschaffen ist, dass sie die nach einiger Zeit abgenützte Spitze des Bleistiftes wieder centrisch scharf macht. Marelius bemerkt ferner die Anwendung von stählernen Spitzen und die Verbindung derselben mit Feder und Gewichtschaale, wodurch theils ein sanfteres Gleiten, theils ein völliges Aufheben des Stiftes bewirkt wird, und kommt endlich auf die Art des Storchschnabels Nr. 5 zu sprechen:

„Nr. 5 hat vier Enden von gleich langen Linealen, die aus dem Parallelogramm herausgehen. Diese Einrichtung hat man bei allen Storchschnäbeln angenommen, welche hier gemacht werden. Die drei Puncte, der feststehende Mittelpunct, der Fahrstift und der Zeichnenstift, behalten hier allezeit ihre Stellen an den äussersten Enden der Lineale; dagegen verändert sich durch Verrückung der Hülsen das Parallelogramm selbst, welches mit Sicherheit geschieht, wenn nur die Graduirung recht richtig ist, da sich der Storchschnabel, vermittelst einer sehr leichten Rechnung, nach was für einem Verhältnisse man nur verlangt, stellen lässt. Die Graduirung lässt sich auch desto leichter sehr genau machen, weil sie auf allen vier Linealen einerlei ist, nur wird der Anfang des Bezeichnens der Ziffern an 2 und 2 umgekehrt gemacht. Es könnte zwar gleich viel sein, was für eine Theilung man brauchen wollte; doch ist es am besten, eben die zu behalten, die auf den gewöhnlichen Linealen mit Dioptern zu finden ist.

„Die Oeffnungen der Löcher *h*, *i*, *k* in den Hülsen, welche an den Enden der Lineale fest sind, müssen gänzlich von einer Grösse sein, und so eingerichtet, dass jedes, der feste Mittelpunct und beide Stifte, an welche dieser drei Stellen man will, kann gesetzt werden. Die Bewegungspuncte selbst, sowohl in den Hülsen *h*, *i*, *k*, *l*, die an den Linealen festsitzen, als auch in den beweglichen Hülsen *m*, *n*, welche die Lineale umgeben, nach Gefallen können verrückt, und jedesmal mit einer Schraube befestigt werden, müssen alle gleichweit von den Seiten der Lineale sein, so, dass sie in Linien stehen, welche mit den Linien parallel streichen, die auf den ihnen zugehörigen Linealen abgetheilt sind. Diesen Umstand macht die Graduirung bei dem Storchschnabel Nr. 3 ziemlich beschwerlich."

Marelius macht nun auf den Gebrauch einer Rolle von Elfenbein, welche sich unter dem Apparat befinden solle, aufmerksam und geht dann zu Nr. 4 über:

„Nr. 4 besteht aus einem kleinen Lineale, und dreien anderen, deren jedes noch einmal so lang als das erste ist; diese Art hat alle die Vortheile wie Nr. 5, aber sie vermeidet die Unbequemlichkeit, die dadurch entstand, dass das eine Lineal aus dem Parallelogramm herausging. Nach dieser Art ist der alte Storchschnabel des Landmesseramts 1697, von Ulf Walling gemacht."

Ich habe die vorstehenden Erklärungen des Marelius deswegen gerne citirt, weil darin alle jene Details angeführt sind, welche wir noch heute, wenn auch in viel vollkommenerer Weise bei unseren Pantographen besitzen; auch ersieht man aus dem Aufsatze des Marelius wie weit der Apparat in der Mitte des 18. Jahrhunderts gediehen war[1]), und gehe ich nun zu den einfachen Betrachtungen über, auf welchen die Construction und der Gebrauch des Pantographen beruht.

Theorie des älteren Pantographen.

Ist in Fig. 12 Taf. XXVII *ABCD* das besprochene Parallelogramm, welches in seinen vier Ecken drehbar; ist ferner *M* der feste Punct, um welchen sich das ganze System bewegen soll, *F* der Punct, in

1) In den Abhandl. derselb. Academie für das III. Quartal 1756 ist ebenfalls ein Storchschnabel beschrieben, welcher mit einer Nadel zum Copieren versehen war.

welchem der das Original umfahrende Stift, und Z der Punct, in welchem der Zeichnenstift sich befindet, und sind diese 3 Puncte in einer genauen Geraden gelegen, so darf man diese Figur nur in eine neue Lage um M drehen, um beweisen zu können, das F und Z aliquote Räume durchlaufen und mit M immer in einer Geraden bleiben.

Bewegt man nämlich F nach F', welche Bewegung dem Winkel α in Bezug auf Drehung um M entspricht, so dass das Parallelogramm in die Lage $A' B' C' D'$ gelangt, und bezeichnet man der Kürze halber:

$$BZ = B'Z' = x,$$
$$MB = MB' = y,$$
$$BC = B'C' = a \text{ und}$$
$$FC = F'C' = b$$

so hat man, in Folge der Voraussetzung, dass FMZ eine Gerade ist:

$$y : x = b : a + x$$

Da nun die Puncte Z und F, so wie die Puncte B und D während der Bewegung ihre Entfernung von C nicht ändern, so ist obige Proportion auch für die neue Lage der Figur von Geltung; und weil

$C'D' \,//\, B'A'$ und $C'B'Z'$ eine Gerade, so ist:
$\angle Z'B'M = \angle Z'C'F'$ und sohin:
$\triangle Z'B'M \backsim \triangle Z'C'F'$ und daher:
$\angle B'Z'M = \angle C'Z'F'$

woraus folgt, dass $Z'M$ mit $Z'F'$ in *eine* Gerade zusammenfällt, d. h. *die drei Puncte Z, M und F bleiben bei jeder Stellung des Apparates in einer geraden Linie.*

Aus dem Vorangehenden folgt aber auch die Aehnlichkeit der Dreiecke $Z'ZM$ und $F'FM$ und hieraus der Parallelismus der Linien FF' und ZZ', sowie die Proportion:

$$ZZ' : FF' = x : a.$$

Umfährt sohin F eine beliebige Figur, so beschreibt Z eine derselben ähnliche Figur, deren Seiten sich zu denen der ersteren verhalten wie $x : a$.

Soll dieses Verhältniss ein Bestimmtes, z. B. wie $n : 1$ sein, so müssen die Puncte B und M auf den betreffenden Linealen so verrückt werden, wie es dieses Verhältniss fordert, und zwar ergeben sich durch einfache Proportion:

$$\text{Die Länge } x = na \text{ . . . . 1.)}$$

$$\text{und die Länge } y = \frac{n}{n+1} \times b \text{ . . . 2.)}$$

Ist das Verhältniss der Seiten der Copie zu denen des Originales durch $m:n$ gegeben, so hat man:

$$\text{die Länge } x = \frac{m}{n} a \ldots\ldots\ldots 3.)$$

$$\text{und die Länge } y = \frac{m}{m+n} b \ldots\ldots 4.)$$

Sollen daher Copie und Original gleiche Grösse haben, so ist: $m : n = 1 : 1$, also:

$$x = a$$

und $y = \frac{1}{2} b$ zu machen;

soll die Copie um die Hälfte kleiner werden als das Original, so ist $m : n = 1 : 2$, also:

$$x = \frac{1}{2} a$$

und $y = \frac{1}{3} b$ zu machen;

soll die Copie um den dritten Theil kleiner werden, so hat man: $m : n = 1 : 3$, also:

$$x = \frac{1}{3} a$$

und $y = \frac{1}{4} b$ u. s. f.

Will man die Copie grösser machen als das Original, so braucht man nur den Fahrstift gegen den Zeichnenstift umzutauschen; — wie aber schon gleich anfänglich erwähnt wurde, beschränkt man sich nur auf das Verkleinern, da von Vergrösserung wegen der dadurch zunehmenden Grösse der Fehler keine Rede sein kann.

Es kann auch vorkommen, dass die Angabe, um wie viel ein Plan oder eine Karte verkleinert werden soll, nicht durch die Verhältnisse der Seiten, sondern durch die der Flächeninhalte gegeben ist; sollen sich letztere verhalten wie $i : i'$, so findet man wieder leicht:

$$\text{die Länge } x = \frac{\sqrt{i}}{\sqrt{i'}} \cdot a \ldots\ldots 5.)$$

$$\text{und die Länge } y = \frac{\sqrt{i}}{\sqrt{i}+\sqrt{i'}} \cdot b \ldots 6.)$$

Die Construction des ältern Pantographen ist auf Taf. XXVII. Fig. 13 ersichtlich gemacht. Die Form ist nach Nro. 3 des Marelius gebildet und zwar ist das Parallelogramm $ABCD$ ein gleichseitiges und durch metallische Axen in seinen Ecken drehbar. Die vier Lineale sind aus Messing oder Stahl; der stählerne Fahrstift F, welcher mit einer auf dem Lineale CB fest geschraubten Hülse

verbunden ist, steht seitlich von diesem Lineale; ebenso ist an dem Lineale DC der Zeichnenstift Z angebracht, und kann mit seiner Hülse an dem Lineale hin- und hergeschoben werden, durch eine Klemmschraube wird seine Hülse an der betreffenden Stelle befestigt. Dieser Zeichnenstift steckt in einer Blechröhre, in welcher sich über demselben eine Spiralfeder befindet, die mit einem Stifte, welcher eine kleine Schale trägt, verbunden ist; je nachdem man in diese Schale mehr oder weniger Schrotkörner legt, wird der Zeichnenstift, je nach Wunsch, sanft oder fest auf das Zeichnenblatt gedrückt. Der Punkt M, um welchen der Apparat sich dreht und welcher mit F und Z in der Geraden $l l'$ liegt, ist durch einen Stahlcylinder hergestellt, welcher mit einer Hülse verbunden, in einem Schlitz des Lineales AD laufend, auf diesem verstellt werden kann. Es wird dieser Stahlcylinder beim Gebrauche des Instrumentes in einen schweren, mit Blei ausgegossenen Fuss gesteckt, welcher durch sein Gewicht und durch unter ihm angebrachte feine Stahlspitzen, die sich in den Arbeitstisch eindrücken, bewirkt, dass der Punct M wirklich fest stehen bleibt. r, r_1 und r_2 sind Rollen von Messing oder Elfenbein, auf denen der ganze Apparat läuft; die erstere dieser Rollen r steht mit dem Metallcylinder, welcher durch die Ecke C gesteckt ist, in Verbindung, während die beiden andern r_1 und r_2 mit den Linealen durch je eine knapp passende, durch Reibung festhaltende Halbhülse in Verbindung stehen und an diesen beliebig, je nach Erforderniss hin- und hergeschoben werden können.

Die Lineale CD und AD sind getheilt, auf Grund oben aufgestellter Gleichungen, und braucht man die Puncte M und Z nur dem gegebenen Verhältnisse entsprechend zu verschieben.

Soll der Zeichnenstift Z das Papier zeitweise nicht berühren, so ist eine Schnur angebracht, welche von Z aus an den Puncten D, C und B vorüberlaufend, in F nur angezogen werden darf, um den Stift Z auf die gewünschte Dauer zu erheben; diese Schnur habe ich in der Figur 13 nicht angegeben.

Die Prüfung des Pantographen besteht in den zwei Untersuchungen:

1) Ob $ABCD$ ein genaues Parallelogramm ist, und
2) ob die Theilung der Lineale richtig, d. h. ob bei einer bestimmten Einstellung der Puncte M und Z, der Fahrstift F in der Verlängerung von MZ liegt.

Ich habe einen neueren aus dem Institute von Ertl und Sohn in München hervorgegangenen, der geodätischen Sammlung der polytechnischen Schule gehörigen Pantographen geprüft, und bin dabei in der Art zu Werke gegangen, dass ich eben nach genauer Bestimmung der Eckpuncte des Parallelogramms, dessen Seiten durch Messen mit fein getheilten Maassstäben verglichen, und die Lage der drei Puncte durch Visiren geprüft habe. Am besten ist es, wenn man überhaupt die Arbeit des Pantographen erprobt und z. B. eine in gleiche Theile zerlegte Linie copirt und die Copie dann mittelst Maassstab und Zirkel mit dem Originale vergleicht, zusieht, ob man die richtige Verjüngung und wieder lauter gleiche Theile erhalten hat, und erst wenn dies nicht eintritt zu der mühsamen Arbeit schreitet, die obengenannten zwei Untersuchungen anzustellen, wodurch man die Fehler erfährt, deren Berichtigung dann dem Mechaniker übertragen werden muss.

Berichtigung des Pantographen.

Da die richtige Lage der genannten wichtigen Puncte des Instrumentes das Haupterforderniss für dessen Güte ist, so hat man noch keinen Pantographen in der Art zu construiren sich bemüht, dass diese Puncte durch den Zeichner selbst verstellbar wären, und bleibt bei vorhandenen Fehlern des Instrumentes nichts anderes übrig, als dass der Mechaniker eben selbst diese berichtige.

Der Gebrauch des Pantographen ist sehr einfach: Zuerst stellt man die Puncte M und Z gehörig ein, wie es das verlangte Verjüngungsverhältniss eben bedingt, klemmt die Hülsen dann fest an und beginnt nun die gegebene Figur mit dem Fahrstift genau nachzufahren; hat man es mit geradlinig begrenzten Figuren zu thun, so lässt man den Zeichnenstift von Ecke zu Ecke, unter Anwendung der Schnur frei schwebend gehen, und markirt nur die Eckpuncte; hat man hingegen Curven zu copiren, und dieses ist am häufigsten der Fall, so versteht es sich von selbst, dass eine gehörige Anzahl von Puncten, der Krümmung der Curve entsprechend markirt werden muss. Zweckmässig ist es, wenn man eine gewisse Anzahl von Puncten copirt hat, diesen Theil der Copie auszuziehen, und erst dann mit dem Copiren fortzufahren, weil hiedurch Irrthümer im Verbinden der einzelnen Puncte vermieden werden.

Hunäus beschreibt in seinem Werke: „Die geometrischen Instrumente“ einen älteren Pantographen, welcher auf Taf. XXVIII. Fig. 16, 17 und 18 wiedergegeben ist. Derselbe hat die Form Nr. 5 des Marelius, seine Lineale sind von Holz oder Metall, bei A und Z fest, aber drehbar vereinigt, während sie bei B und C mit Hülsen, durch welche sie sich schieben lassen, verbunden sind; durch die Hülsen gehen die Druckschrauben: α, α', β und β'. Die Fassung D trägt bei e eine cylindrische Hülse, welche sich mit dem Pantograph um einen auf dem schweren Bleistück J befindlichen Zapfen drehen lässt. Eine sphärische Aushöhlung der oberen Fläche des Bleistücks hat einen Kopf i zum Anfassen. Der Zeichnenstift befindet sich in einer cylindrischen Hülse bei a und wird durch das Druckschräubchen δ befestigt; durch die Hülse a läuft der cylindrische Bleihalter a', welcher oben mit einer Schaale in Verbindung steht, auf welche man so viel Gewicht legt, bis die Bleifeder das Papier berührt; soll die Bleifeder dagegen Bewegungen des Fahrstiftes nicht mitmachen, so dient der Hebel b, auf welchen man durch das Schräubchen b' wirkt, um den Stift aufzuheben; soll der Bleistift nur kurze Dauer ruhen, so drückt man nur mit dem Finger auf den Hebel g, ohne weitere Benützung des Schräubchens b'. Der Fahrstift bei F ist aus Elfenbein, steckt wieder in einer cylindrischen Hülse und wird durch das Schräubchen γ befestigt. Die Eintheilung der Lineale ist je 120 Linien und sind mit den bei B und C befindlichen Hülsen noch Nonien in Verbindung gebracht, um das genaue Einstellen nach dem gegebenen Verjüngungsverhältnisse möglich zu machen. Der ganze Apparat ruht auf den Laufrollen r, r_1 und r_2 und der bei F angebrachten Säule S.

Der neuere oder Mailänder Pantograph[1]).

Theorie: Es seien (Taf. XXVII., Fig. 14) vier gerade Linien zu einem gleichseitigen Parallelogramm $aghz$ verbunden, und eine fünfte cd laufe parellel zu den beiden Seiten az und gh; dieses System von Linien habe in den Puncten a, c, g, h, d, z Zirkelgewinde, es sei um den festen Punct m, in welchem cd von der Diagonale gz geschnitten wird, beweglich, und werde g nach g' weiter gerückt, so muss dadurch auch z an eine andere Stelle z' gelangen. Für die Lage der Puncte

1) Die Beschreibung dieses Pantographen ist „der niedern Geodäsie von Friedrich Hartner, Wien 1852, S. 460,“ nach welcher auch Hunäus in seinen „geometrischen Instrumenten“ diesen Apparat schildert, entnommen.



g und z während der Bewegung, und für die von ihnen zurückgelegten Wege, lässt sich einfach nachweisen, dass

1) z immer in der jedesmaligen Verbindungslinie von g und m liege,
2) die Wege zz' und gg' parallel seien, und
3) die Proportion:
$$zz' : gg' = mz : mg = dz : dh \qquad \text{7)}$$
stattfinde.

Denkt man sich bei g daher einen gleitenden, bei z dagegen einen zeichnenden Stift, und fährt mit g der Begrenzung einer Figur nach, so giebt z die Copie der letzteren nach dem bestimmten Verhältnisse von $dz : dh$.

Für $zz' : gg' = n : 1$ folgt ferner aus obiger Proportion (7) auch:
$$dz : dh = n : 1 \text{ oder}$$
$$dz + dh : dz = n + 1 : n \text{ somit,}$$
wegen $dz + dh = hz$,
$$dz = \frac{n}{n+1} . hz$$
und da $dm = dz$ ist, wie aus der Aehnlichkeit der Dreiecke mdz und ghz folgt,
$$dm = dz = \frac{n}{n+1} . hz. \qquad \text{8)}$$
Setzt man $n = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ u. s. f., das heisst, soll die Copie dem Originale gleich sein, oder die Hälfte, ein Drittel u. s. f. von diesem betragen, so erhält man nach Gl. (8)
$$dm = dz = \frac{hz}{2}, \frac{hz}{3}, \frac{hz}{4} \text{ u. s. f.}$$

Beschreibung: In Fig. 15, Tafel XXVII. ist ein nach diesem Principe eingerichteter Pantograph dargestellt, dessen Einrichtung und Gebrauch nun für sich klar ist. Die Hülsen c und d sind verschiebbar, um den Arm cd nach Erforderniss obiger Gl. (8) stellen zu können; aus demselben Grunde ist die Hülse m verschiebbar, in welcher die Oeffnung für einen festen unverrückbaren Dorn angebracht ist. Auf den Armen ag, hz und cd sind genau übereinstimmende Theilungen angebracht, um für besondere Werthe von n die Stellung nach der angegebenen Gl. (8) gehörig vornehmen zu können; die Arme selbst laufen wie bei dem älteren Pantographen auf Rollen, und der feste Dorn ist wie dort in einen durch Bleiausguss schwer gemachten Fuss

eingesteckt. Bei g ist eine Hülse für den gleitenden, bei z eine Hülse für den zeichnenden Stift, von z läuft bis zu g eine Schnur über kleine Rollen, um während der Arbeit z heben zu können, wenn g eine Bewegung macht, welche z nicht wieder geben soll.

Vor dem Beginne einer Arbeit sind die Hülsen c, d, m nach Erforderniss der Verhältnisszahl n einzustellen und festzuklemmen, worauf dann das Copiren selbst erfolgt. (An manchen Instrumenten ist der Arm gh als überflüssig weggelassen, und ebenso hat zh nur etwas über die Hälfte seiner wahren Länge, da dieses für den Gebrauch genügt, denn für $n \leqq 1$ ist $dz \leqq \frac{hz}{2}$.)

Nachdem ich in dem Vorangehenden die allgemeinen Formen der Pantographen dargestellt habe, gehe ich nun zur Aufzählung einiger Pantographen über, wie sie aus deutschen, französischen und schweizer mechanischen Instituten bezogen werden können, welche theils nach dem älteren Systeme, theils in der Anordnung des Mailänder Pantographen construirt sind und an denen sich mancherlei nicht unwesentliche Unterschiede befinden, die wir nun kennen lernen werden.

Pantograph von Friedrich Holler in Nürnberg.

(Hiezu die Figuren 19—24 auf Tafel XXVIII.)

Dieser Apparat, welcher sich in der geodätischen Sammlung der hiesigen polytechnischen Schule befindet, ist in der Grundform dem Mailänder Pantographen ähnlich, nähert sich jedoch mehr der Form Nr. 2 des Marelius; wenn auch mit dem Mangel behaftet, welchen schon Marelius rügt, dass nämlich die Lineale nicht mit Theilungen, sondern mit Löchern zum Verstellen der Stifte versehen sind, wodurch man auf gewisse Verhältnisszahlen n beschränkt ist, zeigt der Apparat doch sehr elegante Arbeit, wie aus den von mir in wirklicher Grösse angefertigten Detailzeichnungen des Zeichnen- und Fahrstiftes (Fig. 20—24) hervorgeht; auch liefert derselbe ziemlich genaue Copieen.

Der fest Punct ist bei diesem Instrumente in der Art hergestellt, dass man eine eiserne Schraubzwinge M mit ihrem unteren Ende a durch ein im Arbeitstische befindliches Loch steckt, und durch Anziehen der Flügelmutter b fest macht. Die Drehung um den festen Punct M ist dadurch sehr erleichtert, dass der ganze Apparat in der Schraubzwinge M auf Stahlspitzen ruht. Der Fahr- und Zeichnenstift

sind von Stahl; der erstere (Fig. 24) kann durch das Druckschräubchen *s* und eine unter dem Kopfe *k* angebrachte Spirale regulirt werden, bis er den Zeichnentisch berührt. Aehnlich verhält es sich mit dem Zeichnenstift (Fig. 20), auf welchem der kleine Hebel *g*, der durch eine Schnur oder Darmsaite, welche bei *d* über eine kleine Rolle geht und welche durch Drücken auf den zweiten kleinen Hebel *e* sich spannt, von *e* aus bewegt wird. Die Lineale sind von Messing und eine Linie dick, auf dreien derselben befinden sich je 12 Löcher immer in Entfernung von $8^1/_2$ Linien dec. Der Apparat ruht auf der hölzernen Säule *S* und den beiden Messingrollen *R* und R_1.

Soll eine Copie hergestellt werden, so ist das Lineal *cd* und an diesem der Zeichnenstift *Z* entsprechend zu verschieben, in das dem letzteren zunächst liegende Loch des Lineales *cd* ist allemal das Gestell des kleinen Hebels *g* zu setzen und festzumachen, alsdann wird die Darmsaite oder Schnur über die Rolle bei *d* gezogen, durch die kleine Oeffnung des Schräubchens *f* gesteckt und mit der kleinen Klemme *i* festgemacht; nun kann man die Mutter *l* der kleinen Schraube *f* so lange anziehen bis die Darmsaite die gehörige Spannung hat, was der Fall ist, sobald der Zeichnenstift durch leisen Druck auf den Hebel *e*, welch letzterer, wie die Figur zeigt, durch einen kleinen Winkel *w* arretirt werden kann, ein Merkmal auf dem Copirblatte gibt. Der Zeichner befindet sich sohin immer mit beiden Händen in *F* und kann alle Aufmerksamkeit auf genaues Umfahren der Figur verwenden.

Nachtheile dieses Apparates sind allerdings:

1) das Einbiegen der dünnen Messinglineale durch ihr Eigengegewicht, und die daraus folgende Ungleichheit der Seiten des Parallelogramms,
2) die grosse Reibung, welche in den Ecken stattfindet, und
3) die Beschränktheit der Arbeit auf bestimmte Verjüngungen, da die Lineale nicht getheilt sind.

Pantograph von Breithaupt in Cassel.

(Hiezu Fig. 25, Taf. XXX. und Fig. 26—33, Taf. XXXI.)

Die soeben erwähnten drei Nachtheile hat Breithaupt schon Anfangs der zwanziger Jahre an seinem Instrumente in ziemlich vollkommener Weise aufgehoben[1]). Er hat die Lineale durch Messing-

1) Die Zeichnungen dieses Pantographen verdankt der Herausgeber der Güte des Herrn Friedr. Breithaupt.



röhren, welche mit Theilungen versehen sind, ersetzt, und reducirt den Hauptwidersacher aller mechanischen Constructionen — die Reibung, durch seine vorzüglich erdachten auf Taf. XXXI. dargestellten Bewegungsstücke mit Stahlspitzen, auf ein Minimum. Die Theilung der Lineale ist der Art, dass wenn man z. B. $\frac{1}{2}$ mal das Original verkleinern will, man nur den festen Punct und den Fahrstift auf die Zahl $\frac{1}{2}$ einzustellen braucht. Breithaupt hat in den letzteren Jahren noch einige Vervollständigungen an seinem Instrumente angebracht, indem er zunächst den Drehpunkt durch eine Nuss in dem Sinne beweglich machte, dass seine bedingt senkrechte Stellung zum Stifte (Dorn) nicht mehr vom Festsetzen des Bleigewichtes abhängig ist, sodann hat er eine Vorrichtung angebracht, welche eine gleichzeitige Hebung des Fahr- und des Zeichnenstiftes erzielt.

Alles Uebrige erklärt sich aus den Figuren auf Tafel XXX. und XXXI.

Pantograph von Ertl & Sohn in München.

(Hiezu Taf. XXX. und XXXII.)

Dieses neuere Instrument kann als ganz vortrefflich und brauchbar bezeichnet werden, insoferne dasselbe alle Vortheile des vorgeschriebenen Breithaupt'schen Instrumentes an sich trägt, und diesem nachgebildet ist.

Auf Taf. XXX., Fig. 41 ist dieser Pantograph in seiner horizontalen Projection in $\frac{1}{4}$ der wirklichen Grösse dargestellt, und bleibt mir nach den bereits vorangegangenen Beschreibungen wenig mehr darüber zu sagen.

In Kürze nur noch Folgendes: Wie man sieht, ist die gewählte Grundform wieder die von Nr. 3 des Marelius und es ist nur die eine Stange *ab* um Etwas, parellel mit sich aus dem gleichseitigen Parallelogramm *ABCD* herausgerückt, welches nicht mehr aus Röhren, wie beim Breithaupt'schen Instrument, sondern nun aus cylindrischen massiven Messingstangen, jedoch von geringerem Durchmesser, gebildet ist.

Die Bewegungsstücke bei *a* und *c*, welche in wahrer Grösse durch die Figuren 42 bis 48 auf Tafel XXXII. wieder gegeben sind, haben Stahlspitzen wie die Breithaupt'schen.

Der Zeichnenstift befindet sich bei *z* und ist seine Construction aus den Figuren 49 bis 52 erklärt, wie die des bei *F* befindlichen Fahrstiftes aus den Figuren 53 bis 58 hervorgeht.

Der ganze Apparat ruht ausser auf dem festen Puncte, noch bei r und r_1 auf Rollen, siehe die Figuren 59 nnd 60. — Die Schnur, welche von F aus, zur Direction des Zeichnenstiftes geht, läuft bei e über eine horizontal und bei e_1 über eine vertikal stehende Rolle. — Die Theilung der Stäbe ist so eingerichtet, dass man darauf direkt die entsprechenden Verjüngungszahlen ablesen kann. — Ein von Ertl & Sohn verfertigtes, und in dieser Abhandlung bei Gelegenheit der Berichtigung der Pantographen bereits vorne erwähntes Instrument, befindet sich in der geodätischen Sammlung der hiesigen polytechnischen Schule und unterscheidet sich von dem soeben beschriebenen Instrumente darin, dass statt der runden Stangen, flache Lineale gebraucht sind, die Details sind aber genau dieselben, wie bei dem vorbeschriebenen Instrumente, auch die hier charnierförmigen Verbindungsglieder sind mit Stahlspitzen construirt. Die Theilung ist in Art der Transversalmaassstäbe behandelt, so dass es möglich ist, auf beliebige Verjüngungszahlen mit ziemlich grosser Genauigkeit die Einstellung vorzunehmen; dieser Umstand bietet einen Vorzug der Lineale vor den runden Stangen, es möchte jedoch der Vortheil, welchen letztere bieten, ein überwiegender sein.

Pantograph von Adrien Gavard in Paris.

(Hiezu Fig. 34, Tafel XXIX.)

Diese neuere Construction des Pantographen unterscheidet sich von den bisher aufgezählten Constructionen hauptsächlich dadurch, dass sie es ermöglicht, gleichzeitig zwei Copieen desselben Gegenstandes herzustellen. Dieser Zweck ist durch das kleinere Parallelogramm $C'MNE$ erreicht, dessen Ecken M und N auf mit dem Zeichnentische fest verbundenen Schienen mittelst Rollen laufen, während die in den Ecken C' und E angebrachten Zeichnenstifte die beiden Copieen herstellen, da das Parallelogramm sich in C' dem Pantographen anschliesst, und der Führung des Stiftes C' folgt.

Um die Theilung der Lineale und deren Gebrauch deutlich zu zeigen, ist in Figur 34, Taf. XXIX. das Lineal $A'B'$ in zwei Lagen und der Stift in seinen entsprechenden Stellungen C' und C'' dargestellt.

Dass der in E angebrachte Zeichnenstift ein umgekehrtes Bild von dem, welches C' anfertigt, erzeugt, ist wohl auf den ersten Blick klar, desshalb eignet sich das Instrument vorzüglich, um auf Holz, Kupfer oder Stein zu graviren.

Der Pantograph von Gavard wäre ein vorzügliches Instrument zu nennen, wenn er noch die Vortheile des Breithaupt'schen Pantographen besässe [1]).

Schwebender Pantograph von J. Goldschmidt in Zürich.

(Hiezu die Fig. 35—40 auf Taf. XXX.)

Da mir dieser Apparat nicht zu Gebote stand, so lasse ich die vortreffliche Beschreibung desselben von Herrn Professor J. H. Kronauer [2]) hier folgen:

Während bei den bekannten Pantographen der grösste Theil ihres Gewichtes auf Laufrollen ruht, die beim Gebrauche des Instrumentes auf dem Zeichnentische gleiten, sind bei diesem neuen Pantographen diese Stützrollen beseitigt, und es ist derselbe durch zwei an geeigneten Stellen angebrachte Drähte mit einem festen Gestelle verbunden und dadurch fast gänzlich entlastet. Die durch diese Construction über die älteren Pantographen erreichten Vortheile sind folgende:

1) Leichtere und sanftere Bewegung bei vollkommen sicherm Gange.
2) Beim Gebrauche des Instrumentes ist man nicht von der Grösse des Zeichnentisches abhängig, indem die freischwebenden Stangen auch über denselben hinausreichen können, wenn nur der Zeichnenstift innerhalb der Tischfläche bleibt.
3) Eine unebene oder nicht vollkommen horizontale Tischfläche ist keineswegs störend für den Gang des Instrumentes, da ausser dem Fahr- und dem Zeichnenstift kein andrer Theil desselben mit dem Tische in Berührung kommt.

Beschreibung des Pantographen. — Die Fig. 35 Taf. XXX gibt eine perspektivische Ansicht des Instrumentes, *a* ist ein ziemlich schwerer gusseiserner Fuss, auf welchem der Bügel *b*, ebenfalls aus Gusseisen, befestigt ist, und mit jenem das feste Gestelle bildet. Es ruht dasselbe bei *c* auf einem Fusse, im Uebrigen aber noch auf zwei Stellschrauben *d*, mittelst deren man diesem Ständer eine solche Lage gibt, dass die Blase der bei *e* angebrachten Dosenlibelle einspielt; in diesem Falle befindet sich dann das ganze Instrument in seiner richtigen Stellung.

---

1) Ich habe bei Gavard auch Pantographen gesehen, bei welchen anstatt eines einzigen Zeichenstiftes ein Rahmen mit 6 Stiften angebracht war, so dass man die Copie des Originals zu gleicher Zeit sechsmal erhält. Carl.

1) Schweiz. polytechn. Zeitschr. Bd. IX. S. 157.



Der Pantograph selbst besteht aus den vier hohlen viereckigen Messingstäben *f*, *g*, *h*, *i*, von denen die beiden ersteren bei *k*, die beiden letzteren bei *l* in festen Gelenken mit einander verbunden sind, während sich bei *m* und *n* verschiebbare Gelenke befinden. Mit dem Gelenke *l* ist die Drehaxe *o* (Fig. 35 und 36) verbunden, welche mit einem Kugelzapfen in einer Pfanne des Gestellarmes *p* durch die federnde Klappe *q*, welche sich seitwärts öffnen lässt, gehalten wird. Die Enden der Stangen *h* und *i* sind durch die beiden hartgezogenen Messingdrähte *r* und *s* mit dem Zapfen *t* des Gestelles so verbunden, dass sie sich ohne die geringste Hemmung in horizontaler Ebene bewegen können. Am Ende der Stange *g* sitzt der Zeichnenstift *u*, an demjenigen der Stange *f* der Fahrstift *w* und hinter dem letzteren an einem Stäbchen eine elfenbeinerne Kugel *x*, welche sich auf den Tisch stützt und als einzige Handhabe zur Führung des Pantographen dient, eine Vorrichtung, welche sich als durchaus praktisch bewährt hat.[1])

Die Aufstellung des Pantographen geschieht in der Weise, dass man das Gestelle *ab* an einem geeigneten Platze des Zeichnentisches aufsetzt und mittelst der Stellschrauben *d* die Blase der Libelle *e* zum Einspielen bringt. Hierauf werden die Drähte *r* und *s* an den Enden der Stangen *h* und *i* und an den Ringen des Zapfens *t* eingehängt; den Kugelzapfen *o* setzt man in die Pfanne des Armes *p* und schliesst die Klappe *q*. Zur Prüfung der richtigen Stellung ist an den Zapfen *t* ein kleines Pendel *y* gehängt, und es muss dessen Spitze — wie Fig. 37 zeigt — genau über dem markirten Mittelpunct des Schraubenkopfes *z* schweben, wenn sich das Instrument in seiner richtigen Lage befindet. Sollte sich eine Abweichung des Pendels zeigen, so sind die Drähte *r* und *s* zu verlängern, oder zu verkürzen, was mit Hülfe der Correctionsschrauben *h'* und *i'* sehr leicht bewerkstelligt werden kann.

Um eine beliebige Zeichnung in verkleinertem oder vergrössertem Maassstabe anzufertigen, was in beiden Richtungen bis zum 10fachen geschehen kann, muss den beiden Gelenkzapfen *m* und *n* eine bestimmte Stellung gegeben werden. Dieses geschieht durch Verschiebung derselben längs den mit einer Millimetereintheilung versehenen Stangen *fghi*. Stehen die vier Indices der Zapfenhülsen *m*

---

1) Diese Vorrichtung befindet sich auch an dem Gavard'schen Pantographen, wie Fig. 34 Taf. XXIX. zeigt.

und n alle auf Null, so wird durch den Zeichnenstift u eine genaue Copie der mittelst des Fahrstiftes w umschriebenen Figur hervorgebracht. Soll aber z. B. eine Reduction von 5 : 1 stattfinden, so hat man die Hülsen m und n so weit zu verschieben, dass

$$wm = lm = nk$$
$$\text{und } un = ln = mk$$

wird und sich diese beiden Grössen zu einander verhalten, wie 5 : 1. Soll eine Vergrösserung gemacht werden, so verschiebt man die Hülsen in entsprechendem Verhältnisse nach der entgegengesetzten Seite.

Zur genauen Einstellung der Hülsen m und n sind dieselben mit Mikrometerschrauben versehen, welche aber in der Zeichnung weggelassen wurden.

Bei richtiger Stellung des Pantographen müssen die drei Mittelpuncte von n, l und w in einer geraden Linie liegen und in demselben Verhältnisse von einander abstehen, in welchem die Uebertragung stattfinden soll. Zur Untersuchung dieser Stellung dient ein mit Maassstab versehenes Lineal, dessen Kante nur an den Schraubenkopf z, an die Hülse des Fahrstiftes w und an diejenige des Zeichnenstiftes u angelegt zu werden braucht, da alle drei Stücke gleichen Cylinderdurchmesser haben. Bei der beispielsweise angenommenen Reduction von 5 : 1 müssten sich also die Entfernungen von w nach z und von z nach u ebenfalls wie 5 : 1 verhalten.

Jedem Instrumente wird ein solches Lineal beigegeben, welches am Rande mit einer Theilung versehen ist, welche das Ablesen bis auf halbe Millimeter gestattet (Fig. 38), und mittelst welchem auch der Parallelismus der Pantographenstangen untersucht werden kann.

Diese Lineale können aber gleichzeitig und sehr vortheilhaft beim gewöhnlichen Zeichnen, sowohl zum Ziehen von geraden Linien, als zum Abmessen beliebiger Längen gebraucht werden, indem dieselben aus 4 Centimeter breitem und $^2/_3$ Millimeter dickem Stahlblech gefertigt und auf ihrer unteren Seite mit Papier bekleidet sind, damit die Zeichnung nicht beschmutzt werde. Die Länge solcher Lineale kann nach Verlangen bis auf 3 Meter ausgedehnt und wenn es gewünscht wird, an beiden Kanten mit zwei verschiedenen Maassstäben versehen werden. Zudem lassen sich dieselben auf eine kleine Dimension zusammenrollen und somit leicht transportiren.

Die vier Gelenkaxen k, l, m und n drehen sich zwischen einge-

schraubten Stahlspitzen[1]) und es ist für die genauen Funktionen des Instrumentes höchst wichtig, dass diese Spitzen auf's Sorgfältigste justirt seien. Sind nämlich die Schrauben zu fest angezogen, so wird die Bewegung erschwert, es entstehen Spannungen in den Stangen und der Zeichnenstift kann den Bewegungen des Fahrstiftes nicht mehr genau und schnell folgen. Bei lockerer Stellung der Schrauben dagegen entsteht ein sogenannter todter Gang, welcher Fehler sich leicht darin bemerkbar macht, dass wenn die Indexe auf Null stehen, und man mit dem Fahrstift in etwas schiefer Richtung einem Lineal entlang vorwärts und rückwärts fährt, der Zeichnenstift eine Doppellinie aufträgt. Um die richtige Stellung der Schrauben zu bezeichnen, ist nach genauer Justirung derselben von Seite des Verfertigers über je zwei derselben und zwar durch die Mitte ihrer oberen Fläche in der Richtung der betreffenden Stange ein feiner Strich gezogen, wie Fig. 39 zeigt.

Im Ferneren ist noch das Einziehen der Zugschnur *a'* zum Heben und Niederlassen des Zeichnenstiftes *u* zu erwähnen. Es ist dieselbe an der Hülse des Letzteren befestigt, geht dann über die Leitrollen b_1 und c_1 und muss einmal um die Rolle bei *z* herumgeschlungen werden, wie dieses übrigens in der Fig. 40 noch besonders nachgewiesen ist. Bei d^1 befindet sich ein ausgeschlitztes Plättchen, in dessen Spalte man die Schnur nur ein wenig hineinzudrücken braucht, um sie einzuklemmen, und somit den Zeichnenstift in der Höhe zu erhalten.

Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, dass das Instrument eine sehr sorgfältige Behandlung verlangt und von einer geübten Hand geführt werden muss, wenn dasselbe dem Bedürfniss und Zweck in hinreichendem Maasse entsprechen soll.

Die Ausführung einer verkleinerten oder vergrösserten Zeichnung mittelst des Zeichnenstiftes kann auf zwei verschiedene Arten geschehen: Das eine, gewöhnliche Verfahren besteht darin, dass man in die Hülse *u* des Zeichnenstiftes ein fein gespitztes Bleistiftstängelchen (nach Art der Faber'schen Stellstifte) einsetzt, und somit die Zeichnung direct ausführt. Nach der zweiten Art bringt man an die Stelle des Bleistiftes ein feines Stahlstäbchen mit abgerundeter Spitze und legt über die Stelle, auf welcher die Zeichnung ausgeführt werden soll, ein dünnes, glattes, auf der unteren Seite mit Graphit

---

1) Aehnlich, wie beim Breithaupt'schen Pantographen.

geschwärztes Blatt Papier, welches man an den vier Ecken durch kleine Bleigewichte beschwert, oder auf dem Zeichnungsblatt an einigen Stellen leicht aufklebt. Man erspart sich dadurch das häufige Spitzen des Bleistiftes.

Die Grösse der mit dem Fahrstift zu umschreibenden Fläche beträgt 2 Meter Länge und 1 Meter Breite.

Schliesslich noch die Bemerkung, dass solche Pantographen in ausgezeichneter Ausführung von Herrn Mechaniker J. Goldschmidt in Zürich verfertigt werden.

Ausser den bereits oben erwähnten Ikonographen geschehe zum Schlusse noch kurze Erwähnung des in Fig. 61 Taf. XXXII in seiner honrizontalen Projeektion dargestellten Eidiographen oder Bilderzeichners von Professor Wollaston in Edingburgh 1821 erfunden. Derselbe ist wieder ein auf Rollen ruhendes Linealgerüst, mit einem Zeichnen- und einem Fahrstift. Die gleich grossen Arme des Instrumentes *a*, *b* und *c* lassen sich in Hülsen verschieben und durch Schrauben in der richtigen Lage festhalten. Die Hülsen von *b* und *c* liegen unter den Scheiben *e* und *f*, deren Axen in *a* gehen, beide sind durch eine feine Uhrfeder verbunden, so dass die Bewegung der einen eine gleichartige in der anderen bewirkt.

Ueber Formen und Principien der verschiedenen Heliotrope.

Von

Ernst Fischer, Ingenieur in München.

Zwei sehr bemerkenswerthe Aufsätze in Poggendorff's Annalen („Ueber zwei neue Formen des Heliotropen"; von W. H. Miller in Cambridge, Pogg. Ann. 1865, Nr. 7, Pag. 510; und „Noch eine Construction des Heliotrops"; von K. A. Steinheil, 1865, Nr. 9, Pag. 191) veranlassten mich zu der nachstehenden Abhandlung, in welcher ich kurz die Formen und Principien der verschiedenen Heliotrope zusammenfassen will.

Die Heliotrope (Sonnenwender, von ἥλιος die Sonne und τρέπω ich wende) sind Spiegelinstrumente, welche den Zweck haben, durch Reflexion des Sonnenlichtes auf grosse Entfernungen, wie solche bei Triangulation eines Landes oder bei einer Gradmessung vorkommen, Signale zu beleuchten; auch ermöglichen dieselben eine gleichzeitige Beobachtung von zwei entgegengesetzten Standpuncten aus, und erklärt sich sonach ihre grosse Wichtigkeit und das Interesse, welches dieselben bei den Geodäten erlangt haben.

Die Anwendung des Heliotrops war bisher schon eine bedeutende. Gauss fürt mehrere Beispiele dafür an: die Entfernung vom Lichtenberge bis zum Berge Hill ist 39952 Meter; die des Deisters vom Hill 40605 Meter; die des Lichtenbergs vom Brocken 42437 Meter; vom Hill zum Brocken 55122 Meter Auf den 3 ersten Entfernungen sah man das Licht immerfort mit blossen Augen, auf der letzten Distanz war es, wenn die Umstände die Beobachtung irgend begünstigten, gleichfalls sichtbar, und einmal, unter besonders günstigen Umständen sah man das vom Brocken aus reflectirte Licht sogar auf dem Hohenhagen in 69194 Meter = 236643 Fuss bayr. = 18½ Stunden (1 Stunde = 12703 bayr. Fuss) Entfernung mit blossen Augen. Im

Fernrohre konnte man das Licht vom Inselsberge auf dem Brocken in 105986 Meter = 362472 Fuss bayr. = 28 1/2 Stunden Entfernung noch sehen. (De Zach Corresp. Astr. VI. p. 66.)

Bei der Vermessung von Irland, welche im Jahre 1824 beschlossen wurde, und bei der Anknüpfung mit den westlichen Küsten von England und Schottland kamen Dreiecke vor, deren Seiten oft 60, 70 bis 80 Meilen betrugen. (Philosoph. Transact. 1826, P. 325.)

Indem ich nun zu der Aufzählung der verschiedenen Heliotropen übergehe, wobei ich jene Ordnung einhalten will, nach welcher diese Instrumente veröffentlicht wurden, bemerke ich nur noch, dass die zu den Heliotropen gebräuchlichen Spiegel natürlich vollkommen eben und parallelflächig sein müssen.[1])

Der Gauss'sche Heliotrop.

Dieser Heliotrop wurde im Jahre 1821 bei der Gradmessung im Königreich Hannover von Gauss erfunden und von dem geistreichen Erfinder zuerst in Schuhmacher's astronomischen Nachrichten, Bd. V. Pag. 329 veröffentlicht.

Derselbe besteht aus einem astronomischen Fernrohr mit Stativ und einer Spiegelvorrichtung; ich werde hier bloss von der letzteren, als dem wesentlichen Bestandtheile reden.

Dieselbe (Taf. XXXIII Fig. 1) ist gebildet aus zwei zu einander senkrecht stehenden Spiegeln S und s; der grössere dieser beiden Spiegel ist, wie die Figur zeigt, getheilt, jedoch so, dass beide Flächen genau in einer Ebene liegen. Der kleinere Spiegel ist matt belegt, weil derselbe das Sonnenbild ins Auge zu führen hat, im Uebrigen wird zum Schutze des Auges auch noch ein gefärbtes Glas vor das Ocular des oben erwähnten Fernrohrs gebracht.

Die Dimensionen der Spiegel sind bei dem im geodätischen Cabinet der polytechnischen Schule München befindlichen Gauss'schen Heliotrop folgende:

---

1) Ich will hier sogleich bemerken, dass eine detaillirte Beschreibung des Gauss'schen und Steinheil'schen Heliotrop's, dann der Stierlin'schen Hülfsvorrichtung, sowie der Prüfung, Berichtigung und des Gebrauchs dieser Instrumente sich vorzüglich in Dr. C. M. Bauernfeind's Elementen der Vermessungskunde, 2. Aufl., Bd. 1, S. 115 u. f, dann in Dr. G. Chr. K. Hunäus, die geometrischen Instrumente, S. 342 u. f. findet, ferner: genaue Berichtigung des Gauss'schen Heliotropen in: Schuhm. astr. Nachrichten V, S. 329.

grosser Spiegel:	breit	= $2 \times 9'''$	Dec. bayr.	=	$2 \times 2{,}82$	Centimeter
	hoch	= $17'''$	„ „	=	5,33	„
kleiner Spiegel:	breit	= $6^1/_2'''$	„ „	=	2,04	„
	hoch	= $15'''$	„ „	=	4,70	„

Die Wirkung des Instrumentes ist leicht zu ersehen: betrachten wir zwei parallele Strahlen $a\,b$ und $a'\,b'$, von denen der erstere auf den kleinen Spiegel im Puncte b, der letztere auf den grossen Spiegel im Puncte b' trifft, so werden diese Strahlen, wenn $b\,d$ und $b'\,d'$ die Lothe sind, in den Richtungen $b\,c$ und $b'\,c'$ zurückgeworfen; diese beiden Richtungen sind einander parallel und entgegengesetzt, denn:

Zieht man $b\,c''$ parallel zu $b'\,c'$, so ist:

$$\sphericalangle\, a'\,b'\,c' = \sphericalangle\, a\,b\,c'' = 2\,\alpha.$$

Da nun:

$$\sphericalangle\, a\,b\,c = 2\,\beta,$$

und, weil die Spiegelflächen senkrecht zu einander stehen, auch:

$$d\,b \perp d'\,b',$$

und somit:

$$\alpha + \beta = R,$$

so hat man:

$$\sphericalangle\, a\,b\,c + a\,b\,c'' = 2\,\beta + 2\,\alpha = 2\,R.$$

Befindet sich sohin in $b\,c$ die Axe eines astronomischen Fernrohres, das mittels eines Gestelles mit dem um die Axe $A\,A$ drehbaren Spiegelsysteme verbunden ist, so erhält der Beobachter ein mattes Sonnenbild durch den kleinen Spiegel im Fernrohre, welches Bild ihm als Richtung dient, um dem entfernten Signale oder dem entfernten Beobachter durch den grossen Spiegel das Sonnenbild zuzuwerfen.

Auf diese Weise ist es möglich, von beiden Standpuncten aus gleichzeitige Beobachtungen anzustellen, und die Fehler, welche durch Temperaturveränderung und Luftbewegung entstehen, zu eliminiren.

Gauss zeigt übrigens auch, wie man in Ermangelung eines Heliotrops einen Spiegelsextant anwenden kann, sobald dieser nur auf einem soliden Fussgestell ruht. (Jahn's prakt. Astronomie S. 97.)

Der Drummond'sche Heliotrop.

Bei der im Juni 1824 beschlossenen Vermessung von Irland war Lieutenant Thomas Drummond betraut, die wichtigsten Vorbereitungen zu diesem ausserordentlichen Unternehmen zu treffen und auf Mittel zu sinnen, durch welche die Schwierigkeit entfernte Signale an-

zuvisiren, aufgehoben würde. **Drummond** erfand bei dieser Gelegenheit einen Heliotrop, welcher in den Phylosoph. Transact. 1826, Pag. 327 zuerst beschrieben wurde.

Die Figuren 2 und 3 Taf. XXXIII sind den Phylosoph. Transact. entnommen:

ab ist ein Fernrohr von 12 Zoll Focal-Länge und dient als die Axe des Instrumentes Die Stangen *bd* und *bc* bilden einen rechten Winkel und die Stange *gg* ist so gestellt, dass *bf* (Fig. 2) gleich ist mit *fg*, sie bewegt ein kleines Fernrohr von der Art, wie es gewöhnlich bei Sextanten angebracht ist und das ein gebrochenes Ocular besitzt. Der Spiegel *mm*, von welchem man verschiedene Grössen, ja nach Umständen anwenden kann, ist mit dem Instrument durch 3 Stellschrauben *r*, *r*, *r* verbunden. Da die Stangen *bc* und *b′ c′* nun so eingerichtet sind, um mit *ab* zu coincidiren, ist eine Libelle zwischen denselben in der Stellung *ll* angebracht, welche durch die Fussschrauben horizontal stellbar ist; durch dieselben Mittel wird die Axe *ab*, mit welcher eine Libelle fest verbunden ist, gleichfalls in horizontale Stellung gebracht. Während die bewegliche Libelle nun auf die Oberfläche des Spiegels gesetzt wird, werden die 3 Stellschrauben *r* angewendet, um ihn horizontal zu stellen. Der Spiegel wird dann parallel zu *ab* und *ll* sein und die erforderliche Stellung am Instrument haben. Wird nun das Fernrohr *ab* gegen das Object, auf welches der reflectirte Strahl geworfen werden soll, und das kleine Fernrohr auf die Sonne gerichtet, so werden die Sonnenstrahlen parallel zu der Axe des Instrumentes *ab* reflectirt und folglich auf das zu beleuchtende Object geworfen. Der Kopf der Schraube *R* ist graduirt und kann mit Hilfe derselben und der Libelle, welche an der Axe befestigt ist, dem Instrument die nöthige Elevation oder Depression gegeben werden, wenn das Object, gegen welches es gerichtet ist, zufällig unsichtbar ist und wenn dessen Richtung nur relativ zu einem näheren Objecte bekannt ist. Bei Verpackung des Instrumentes wird der Spiegel abgenommen und die Stange *gg* so lange gedreht, bis sie mit *bf* zusammenfällt.

Der Steinheil'sche Heliotrop.

Dieser von Herrn Professor **Steinheil** erfundene und von demselben zuerst in Schuhmacher's astronomischem Jahrbuche 1844, Pag. 12 veröffentlichte Heliotrop zeichnet sich dadurch aus, dass er einer Prüf-

ung nicht bedarf; er kann jedoch nur für kleinere Entfernungen gebraucht werden, da ein Fernrohr mit demselben nicht verbunden ist. Herr Professor Dr. C. M. Bauernfeind zeigt übrigens, wie sich ein Fernrohr bei Gebrauch dieses Heliotropen anwenden lässt. (Elemente der Vermessungskunde, 2. Aufl. S. 126.)

Die Einrichtung des Steinheil'schen Heliotropen ist folgende:

Den Hauptbestandtheil bildet (Fig. 4 Taf. XXXIII) ein Spiegel *S* von 1,″ 5 bayr. Länge und 1,″ 0 Breite, in dessen Mitte ein kreisrundes Scheibchen von 1,‴ 3 Durchmesser unbelegt, also für Licht durchdringlich gelassen ist. Unterhalb des Spiegels befindet sich eine kleine Sammellinse *L* und deren Brennpunct *F* ein Körper, welcher das Licht stark zerstreut, z. B. ein Stückchen weisse Kreide.

Die Wirkungsweise des Instrumentes ist nun folgende:

Betrachten wir wieder zwei parallele Strahlen $a\,b$ und $a'\,b'$, von denen der erstere den Spiegel in b trifft und nach c reflectirt wird, während der andere durch die kreisrunde Oeffnung des Spiegels in b' geht, von der darunter befindlichen Sammellinse nach deren Brennpunct F geführt, von der weissen Kreide nach der Linse wieder zurückgeworfen und durch diese nach b' gelangt, wo er theilweise gegen a' hin zurückgeht, theilweise aber gegen c' hin reflectirt wird, so ist wie bei dem Gauss'schen Heliotrop, wieder die Richtung $b\,c$ parallel und entgegengesetzt der Richtung $b'\,c'$. Denken wir uns daher einen Strahlenbündel auf den Apparat fallend, so erhalten wir in der Richtung von b nach c ein intensives und in der Richtung von b' nach c' ein mattes Sonnenbild; letzteres dient dem Beobachter, welcher mit seinem Auge sich hinter der Oeffnung des Spiegels befindet, als Richtschnur, um dem entfernten Beobachter oder dem Signale das intensive Sonnenbild zuzuwerfen.

Die von Herrn Professor W. H. Miller in Cambridge beschriebenen Heliotrope.

Dieselben haben mit dem von Steinheil das gemein, dass sie mit keinem Fernrohre in Verbindung stehen und in der Weise fest sind, dass sie einer Prüfung nicht bedürfen. Sie haben keine beweglichen Theile, und als Stütze dient ihnen nur die Hand des Beobachters. Für grössere Entfernungen sind sie nicht gebrauchbar. — Ich habe versucht, beide Instrumente durch Figuren zu erläutern.

1. Form.

(Fig. 5, 6 und 7 Taf. XXXIII.)

Der Heliotrop ist gebildet durch ein festes System von 3 Spiegeln (Fig. 5.) und zwar stehen senkrecht auf der Ebene des grossen Spiegels S, an dessen Rande zwei kleine Reflectoren R und R', deren Ebenen wieder unter sich senkrecht sind. Die Wirkung dieses Spiegelsystems gegen darauf fallendes Sonnenlicht habe ich durch eine axionometrische Projection (Fig. 6) zu erklären gesucht; ich habe dabei des leichteren Verständnisses wegen, die beiden Reflectoren R und R' unverhältnissmässig gross und ihre Ebenen so weit verlängert gezeichnet, bis sich dieselben durchdringen. Der Gang der Lichtstrahlen ist auf die Ebene des grossen Spiegels projicirt.

Sind nun ab und AB wieder zwei parallele Strahlen, von denen ab den Reflector R in b trifft, von hier auf den Reflector R' nach c geworfen und von da in der Richtung cd weiter geht, während AB den grossen Spiegel S in B trifft, und von da in der Richtung BD reflectirt wird; so ist wieder die Richtung cd des von dem Reflector R' zurückgeworfenen Lichtes parallel und entgegengesetzt der Richtung BD des von dem grossen Spiegel S reflectirten Strahles.

Dass der reflectirte Strahl cd in einer Ebene liegt, welche parallel der Reflexionsebene BDD' ist, kann man leicht einsehen, wenn man die Projectionen $a'b'$, $A'BD'$ und $c'd'$ auf der Ebene des grossen Spiegels betrachtet; ich habe diese Projectionen in Fig. 7 nochmals dargestellt, um Fig. 6 nicht durch zu viele Linien unklar zu machen; aus Figur 7 ersieht man, dass $a'b'$ parallel $c'd'$ sein muss, weil $\sphericalangle a'b'c' + \sphericalangle b'c'd' = 2\alpha + 2\beta = 2R$ ist; es sind sohin die projicirenden Ebenen der Linien ab, cd und BD einander parallel, d. h. es liegen BD und cd in parallelen Ebenen. — Zieht man nun durch B in der entgegengesetzten Richtung von BD eine Parallele zu cd, so ist leicht zu beweisen, dass diese Parallele die Verlängerung von BD ist, denn die Winkel über dieser Linie bilden zusammen $180°$. — Sohin erfüllt der beschriebene Apparat die Bedingung eines Heliotropen, er erzeugt in zwei einander entgegengesetzten parallelen Richtungen Reflexionsbilder der Sonne.

2. Form.

(Fig. 8 und 9 Taf. XXXIII.)

Dieser Heliotrop besteht aus einem allseitig genau rechtwinklig gebildeten Planglas abc (Fig. 8); die Fläche ab ist als Spiegel belegt

und nur in einer Ecke *e* ein Stückchen Beleg, so gross wie die Pupille des Auges, weggelassen, da sich hier der Beobachter befindet. Um das Auge zu schonen, wird diese Ecke etwas geschwärzt. Die Flächen *ac* und *bc* sind matt geschliffen, um theils reflectirend, theils Licht durchlassend zu wirken. Fällt auf diesen Apparat paralleles Licht, so wird ein Theil des Lichtes so gebrochen werden, wie es in Fig. 9 axionometrisch und wieder absichtlich unverhältnissmässig gross gezeichnet ist; während der andere Theil des Lichts von dem Spiegel reflectirt wird. In der Figur 9 sind wieder alle Linien auf die untere spiegelnde Fläche *AB* projicirt. Der Strahl *ab*, welcher bei *b* in das Glas tritt, gelangt in *c* auf die Fläche *BC*, von welcher er theilweise nach *d* in die Fläche *AC* gebrochen wird, und von hier nach *e* gelangt und, da er theilweise durch Austritt aus den Flächen *BC* und *AC* an Intensität verloren hat, in *e* ein nur mattes Bild erzeugt. *pp* ist eine Parallele zu dem von dem Spiegel *AB* reflectirten Strahl. Dass die Ebenen des Ein- und Austrittes wieder parallel sind, lässt sich in gleicher Weise erklären, wie vorhin; ebenso der Parallelismus des reflectirten und des austretenden Strahles selbst; denn die spiegelnde Fläche *AB* repräsentirt den grossen Spiegel von vorhin, während die Flächen *AC* und *BC* die Rolle der beiden kleinen Reflectoren übernommen haben.

Die Ablenkung des Lichtes von seiner Richtung beim Eintritte in das Glas hat auf die Brauchbarkeit des Instrumentes selbstverständlich keinen Einfluss, da dieselbe beim Austritte in entgegengesetztem Sinne wieder stattfindet.

Der von C. A. Steinheil neuerdings beschriebene Heliotrop.

(Fig. 10 Taf. XXXIII.)

Herr Ministerialrath Steinheil hat in der jüngsten Zeit ein Heliotropprincip bekannt gemacht, nach welchem er bereits in den dreissiger Jahren ein Instrument ausführen liess.

Er beschreibt es folgendermaassen:

(Pogg. Ann. 1865, Nr. 9, Pag. 191.)

„Das Instrumentchen besteht aus 2 Spiegeln *a* und *b*, welche mit den Axen *x* und *y* Winkel von 45° bilden. *a* ist um die Axe der *y* drehbar, *b* mit dem ganzen Kopf um die Axe der *x*. Man kann durch diese beiden Drehungen bewirken, dass Strahlen, die aus irgend einem Puncte der Sphäre auf *a* fallen, in *b* unter 45° reflectirt, jetzt

in der Richtung nach x fortsetzen. Um aber im Fernrohr zu sehen, ob die Sonnenstrahlen nach x reflectirt werden, ist ein Orientirungsbild der Sonne erforderlich, welches 180° von dem Puncte abliegt, der Heliotropenlicht bekommen soll. Dies wird erzeugt, wenn der Spiegel b aus 2 Hälften besteht, α und β, die in derselben Ebene liegen, aber mit ihrem senkrecht abgeschliffenen Rande jj' aneinander passen. Dieser Rand jj' muss mit der Spiegelfläche genau einen Winkel von 90° bilden; er darf auch nicht polirt sein, sondern muss nur fein matt doucirt werden, sonst erzeugt er ein zu intensives Sonnenbild im Fernrohre. Denn die Strahlen, die von y gegen y' gehen, werden von dem belegten Spiegel gegen x reflectirt. In der Mitte des Spiegels ist jedoch die Belegung abgenommen, so dass ein kleiner Theil der von y kommenden Strahlen, der durch das Planglas gegen y' geht, die facettirte Kante jj' des Spiegels b trifft und also gegen x' reflectirt, durch das Objectiv aber im Brennpuncte zum Orientirungsbild vereinigt wird."

Die Stierlin'sche Hilfsvorrichtung.

Zum Schlusse muss ich, als hieher gehörig, noch einer Vorrichtung von Stierlin in Münster erwähnen, weil dieselbe gewöhnlich mit dem Namen Stierlin'scher Hilfsheliotrop bezeichnet wird; dieselbe ist jedoch kein Heliotrop, sondern nur ein Apparat, welcher es ermöglicht, das Spiegelsystem des Gauss'schen Heliotropen mit irgend einem Theodolith oder Nivellirinstrument zu verbinden. (Versteht man unter Heliotrop Spiegelvorrichtung und Fernrohr zusammen, so kann man auch sagen: Stierlin'scher Hilfsheliotrop.) Diese Vorrichtung hat desswegen ganz besonderen Werth, weil die Anschaffung einer grösseren Anzahl von Heliotropen bei einer grösseren Vermessung durch sie umgangen, und auf diese Weise nicht unbedeutende Ausgaben erspart werden können.

Die Figuren 11, 12, 13 und 14 Taf. XXXIV, welche ich in wirklicher Grösse angefertigt habe, zeigen die Stierlin'sche Hilfsvorrichtung, und zwar Fig. 11 die Vorderansicht, Fig. 12 die Seitenansicht, Fig. 13 den Querschnitt und Fig. 14 die innere Ansicht nach Hinwegnahme des ringförmigen Deckels d. Es bleibt mir zur Erläuterung dieser Figuren nur wenig zu sagen.

Die Gabel G, an welcher die Spiegelvorrichtung befestigt ist, steht in Verbindung mit einem Systeme von Ringen, welches in 3 gleichen

Abständen von den Schrauben *s* durchdrungen ist; letztere greifen in die Köpfe *k* der auf die Federn *f* drückenden Einsätze *e*. Die Federn *f* sind durch die Schräubchen *q* und die Klötzchen *p* mit dem äusseren Ringe *r* in Verbindung gebracht und wirken unter die Köpfe *k* greifend.

Man sieht leicht ein, dass durch geeignete Bewegung der Schrauben *s* die Einsätze *e* an Objectivfassungen von verschiedenen Durchmessern anliegend gemacht werden können. Ist das Fernrohr, mit welchem auf diese Weise die Gauss'sche Spiegelvorrichtung verbunden werden soll nicht um seine optische Axe drehbar, — und dieses ist bei fast allen Nivellirinstrumenten und Theodolithen der Fall, — so ist noch ein Ring *R* nothwendig, welcher mit der Gabel *G* fest verbunden ist, und sich sanft auf dem ringförmigen Körper *r* reibt, so dass man ihn und somit auch den Spiegelapparat leicht drehen kann.

Einer Verbesserung wäre die Vorrichtung noch fähig, indem ihr jetziger Zustand es nicht gestattet, die optische Axe des Fernrohres mit der Axe des Ringsystemes zum Zusammenfallen zu bringen, mit anderen Worten: man ist nur dem Augenmaass nach im Stande den Apparat centrisch aufzustecken. Es liesse sich dieser Zweck ohne besonders grosse Kosten erreichen, wenn man auf den Einsätzen *e* Theilungen anbringen würde; theuerer würde es kommen, wollte man die drei Schrauben *s* mit graduirten Trommeln versehen. In beiden Fällen müssten jedoch die 3 Schrauben ganz genau gleich geschnitten sein.

Die Heliotrope von Baeyer und Bessel.

Baeyer hat für die kürzeren Entfernungen bei der preussischen Küstenvermessung sehr einfach construirte Heliotrope angewendet und beschreibt diese Vorrichtungen in seinem Werke: „Die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der Berliner Grundlinie," Seite 52, wie folgt:

„Die Heliotropen, welche angewendet wurden, sind von einfacher Construction (Fig. 5, Taf. XXXIV). *A B* ist ein Brett von festem, gutem Holz mit Oelfarbe angestrichen, in dessen Mitte eine gerade Linie gezogen ist. Auf dieser Linie befindet sich:

1) die Schraube *b*, die zum Heben und Senken des Brettes bestimmt ist;

2) der Spiegelrahmen *CD*, der sich um die verticale Axe *h* dreht. In diesem Rahmen bewegt sich der in Metall gefasste Spiegel *G* um die horizontale Axe *ki*, in deren Mitte *g* sich in der Fassung ein kleines rundes Loch befindet, welches die Stelle eines Oculars vertritt. Central um dieses Ocular befindet sich im Spiegel selbst ein etwa 2 Linien im Durchmesser haltender, runder Ausschnitt, welcher bewirkt, dass der Mittelpunct kein Licht zurückwerfen kann, und daher bei der Lichtreflexion der Spiegelfläche einen kleinen runden Schatten bildet;

3) *a* ist eine Schraube, vermittelst welcher der Heliotrop im Centrum festgeschraubt wird;

4) *d* ist eine horizontale, etwa $1^1/_2''$ lange Röhre, die auf einem verticalen Zapfen festgelöthet ist. In der Axe dieser Röhre befindet sich ein Fadenkreuz, welches mit dem Mittelpuncte des Spiegels gleiche Höhe über dem Brett hat; *f* ist eine Klappe, die inwendig mit weissem Papier beklebt ist, und auf- und zugemacht werden kann. Sämmtliche Zapfen und Schrauben in dem Brett laufen in metallenen Büchsen.

Die Aufstellung und der Gebrauch dieser Heliotropen sind ebenfalls sehr leicht. Wenn die Schraube *a* im Centrum befestigt und das Instrument nahe in die Richtung derjenigen Station gebracht ist, nach welcher geleuchtet werden soll, so findet man die genaue Richtung desselben dadurch, dass man das Auge hinter die Oeffnung *g* im Spiegel bringt, und das Fadenkreuz in der Hülse *d* auf das Object einrichtet. Das hierzu erforderliche Heben oder Senken geschieht vermittelst der Schraube *b*, und die Azimuthalbewegung erfolgt um die Schraube *a*. Ist die Aufstellung berichtigt, dann wird die Klappe *f* vorsichtig heruntergeklappt, und mit dem Spiegel das Sonnenlicht so in die Röhre geworfen, dass der runde Schatten, welcher vom Mittelpuncte des Spiegels ausgeht, auf dem weissen Papier der Klappe central über dem Fadenkreuz erscheint. Da die vom Spiegel reflectirten Strahlen parallel mit der Richtung des runden Schattens gehen, so bedarf das Instrument gar keiner anderweitigen Berichtigung, und das Licht wird überall da sichtbar sein, wo der Schatten hingerichtet ist. Wird daher der Schatten stets über dem Fadenkreuz erhalten, so wird der Beobachter auf der Station, nach welcher der Heliotrop die Richtung hat, auch beständig Licht sehen.“

Bei den weniger entfernten Netzpuncten wurden von Baeyer und Bessel während der Gradmessung in Ostpreussen auch kupferne, fein polirte und versilberte Halbkugeln zum Reflectiren des Sonnenlichtes angewendet. Dieselben hatten einen Durchmesser von 4 bis 8 Zoll und standen auf der Spitze eines gut fundirten Steinbaues. Da jedoch der Glanzpunct der Kugel, welcher anvisirt wurde, je nach dem Stande der Sonne ein andrer war, so musste der hierdurch begangene Fehler in der Richtung der Visirlinie eigens berechnet und berücksichtigt werden.

Neuer Kohlenlicht-Regulator von Foucault.

(Mitgetheilt von Dr. Jos. Krist.)

Einer der wichtigsten Uebelstände, welche der Anwendung des electrischen Lichtes zu Beleuchtungszwecken ursprünglich entgegenstanden, ist bekanntlich die Unstetigkeit desselben in Bezug auf seine Position und seine Intensität. Man war daher fortwährend bemüht, diese Hindernisse zu beseitigen, nachdem Wright 1845 zum ersten Male das Kohlenlicht zur Beleuchtung benutzt hatte.[1]) Man suchte einerseits die Gaskohle, welche man als Polspitzen verwendete, durch ein besseres Material zu ersetzen, in welcher Hinsicht namentlich Jacquelin's chemisch reine Stabkohle ein vortreffliches Resultat lieferte, andererseits wurden zahlreiche Mittel ersonnen um die aus dem ungleichen Verbrauche der beiden Polspitzen entstehende Unregelmässigkeit des Lichtes aufzuheben. Die für den letzteren Zweck vorgeschlagenen Apparate, von dem ersten an, welchen Saite 1847[2]) construirte, bis auf jene von Wartmann,[3]) Serrin,[4]) Siemens[5]) haben fast alle das gemeinsame Princip, die Distanz der Kohlenenden durch Zuhilfenahme eines Electromagneten in entsprechender Weise zu regeln und dem Licht erzeugenden Strom selbst die Regulirung des Lichtes besorgen zu lassen. In den Details sind diese Apparate allerdings sehr verschieden, mehr oder weniger complicirt und sie entsprechen ihrer Aufgabe in höherem oder geringerem Maasse, ohne in allem vollständig zu befriedigen.

Bei der Bedeutung, welche das electrische Licht nicht nur in der Praxis, sondern auch für den Experimentator gewonnen hat, ist es daher sehr erklärlich, wenn Männer, die sich mit der Sache schon auf

---

1) Dingler's polytechn. Journ. Bd. 106, p. 267.
2) Dingler's polytechn. Journ. Bd. 108, p. 344.
3) Archives de Genève T. XXXVI, p. 332.
4) Du Moncel, Revue des applications de l'électricité 18$\frac{57}{58}$, p. 492.
5) Dub, Die Anwendung des Electromagnetismus p. 577.

sehr erfolgreiche Weise beschäftigt haben, ihre Aufmerksamkeit wieder von neuem der Verbesserung der Kohlenlicht-Regulatoren zuwenden. So hat denn auch Foucault, nach dessen Angaben Duboscq bereits 1849[1]) den unter dem Namen „electrische Lampe von Duboscq" beschriebenen und häufig benutzten Regulator construirt hat, der Pariser Academie der Wissenschaften in ihrer Sitzung vom 26. December 1865[2]) Bericht erstattet über einen ganz neuen Regulator, welcher mit einer Präcision arbeitet wie kaum einer der vorhandenen Apparate.

Foucault's erster Regulator oder die Duboscq'sche electrische Lampe war so eingerichtet, dass die leuchtenden Kohlen auf mechanische Weise zwar genähert aber nicht von einander entfernt werden konnten, was namentlich dann von Unzukömmlichkeiten begleitet ist, wenn die Kohlen während der Verwendung des Apparates in unmittelbare Berührung kommen. Duboscq hat diesen Uebelstand zu beseitigen gesucht, indem er einen zweiten Electromagneten so einrichtete, dass dessen Anker bei einer gewissen, erst bei stattfindender Berührung der Kohlenspitzen auftretenden Stromstärke angezogen wird, und dass in Folge dessen die Kohlenspitzen von einander getrennt werden. Der neue Apparat dagegen hält die Kohlen ohne Vermittelung eines zweiten Electromagneten stets in der nöthigen Distanz, indem er sie mechanisch nähert oder entfernt, sobald ihr Zwischenraum um das mindeste zu gross oder zu klein geworden ist. Zu diesem Zwecke sind um in Kürze das Wesentliche dieses Regulators anzugeben, die Kohlen unter der Einwirkung zweier Räderwerke gestellt, so dass jene in dem einen oder andern Sinne bewegt werden oder ganz in Ruhe bleiben, je nachdem durch eine mit dem Anker eines Electromagneten verbundene Hemmung das eine oder andere, oder beide Räderwerke arretirt werden. Um die Stellung des Ankers und in Folge dessen die Lage der Hemmung der jeweiligen Stromstärke entsprechend zu erhalten, ist von einem Hebel mit veränderlichem Arme, wie ihn Robert Houdin zuerst angewendet hat, Gebrauch gemacht.

Die Figur 1 Tafel XXXVII zeigt den vollständigen Apparat. Derselbe besteht aus dem messingenen Gehäuse PQ, welches die oben erwähnten Räderwerke enthält, wovon das eine mit dem Schlüssel B, das andere mit dem Knopfe D in der durch Pfeile

---

1) Müller's Lehrbuch der Physik II. Bd., p. 277.

2) Compt. rendus T. LXI, p. 1148.

angedeuteten Richtung aufgezogen wird. Die gezahnten Messingstäbe *G*, *I* sind die Kohlenträger. *I* lässt sich in der Messingröhre *L*, welche vom Gehäuse durch eine Elfenbeinscheibe isolirt ist, mit schwacher Reibung bewegen. Der untere Theil des Apparates enthält den Electromagneten *E* und die Hebelvorrichtung, durch welche die Hemmung der Räderwerke in die erforderliche Stellung gebracht wird. Wie man aus Figur 2 Taf. XXXVII ersieht, trägt der um *O* drehbare Hebel *AF* bei *A* den Anker aus weichem Eisen; dieser kann wohl innerhalb enger Grenzen hin- und heroscilliren, nie aber mit dem Electromagneten *E* in volle Berührung kommen. Der anziehenden Kraft des Electromagneten wirkt die Spiralfeder *r* entgegen, welche mit ihrem Fortsatze den Hebel *AF* bei *c* durchdringt und an dem zweiten Hebel *C* befestigt ist. Mittelst der Schraube *V* Fig. 1 kann die Feder *r* der Stromstärke entsprechend gespannt werden. Der Hebel *C* hat an der untern Seite eine eigenthümlich gekrümmte Fläche, wesshalb der beispielsweise in *a* angenommene Angriffspunkt des Druckes, welchen *r* durch Vermittelung von *C* auf *F* ausübt, eine Verschiebung nach rechts oder links erleidet, sobald in der Stromstärke und demzufolge in der anziehenden Kraft des Electromagneten eine Aenderung eintritt. Auf diese Weise wirkt die Gegenkraft des Electromagneten auf einen Hebelarm von veränderlicher Länge und es kann die Stellung des Ankers in jedem Augenblicke gewissermassen als Ausdruck der eben herrschenden Stromstärke angesehen werden. So lange der Strom jene Intensität besitzt, bei welcher das Licht die gewünschte Helligkeit und die Kohlen die nöthige Distanz haben, werden durch die bei *D* auf *AF* senkrecht stehende Hemmvorrichtung *KH* die beiden Räderwerke, durch welche die Stellung der Kohlenspitzen geregelt wird, in Ruhe erhalten. Es greift nämlich der Ansatz *H* in die Flügelchen *s*, *s'* ein, in deren Getriebe beziehungsweise die Räder *R*, *R'*, von denen jedes mit einem der Räderwerke in Verbindung steht, einzahnen. Nimmt in Folge des Abbrennens der Kohlen die Stromstärke etwas ab, so neigt sich *K* nach rechts, *H* hemmt *R* und das damit verbundene Räderwerk, während *R'* frei wird und daher die Kohlen durch das andere Räderwerk auf die rechte Distanz genähert werden. Bei einer die normale Entfernung überschreitenden Annäherung der Kohlen wird dagegen *R'* gehemmt, *R* frei und dadurch jenes Räderwerk bewegt, welches bestimmt ist die Kohlen von einander zu entfernen. Wegen der grossen Empfindlichkeit der Ankervorrichtung gegen die Intensitätsänderungen des Stromes und wegen der engen

Grenzen, innerhalb welcher derselbe oscillirt, ändern die Kohlen ihre gegenseitige Entfernung stets nur um geringes und bewegen sich jedesmal nur sehr wenig, so dass das Licht eine bemerkenswerthe Stetigkeit in seiner Lage und seinem Glanze besitzt.

Der die Kohlenträger bewegende Mechanismus ist in Fig. 3 Taf. XXXVII besonders dargestellt. *M* und *N* sind zwei Uhrtrommeln, von welchen *N* eine stärkere Feder als *M* besitzt, so dass *M* durch *N* mitbewegt werden kann. Das obere mit *M* verbundene Zahnrad 1 greift in die gezahnte Stange *G*, welche die positive Kohle trägt, das untere, nur mit starker Reibung auf der Achse von *M* aufsitzende Rad in den Träger I der negativen Kohle ein. Die Halbmesser dieser zwei Räder stehen im Verhältnisse 2 : 1. Das mittlere auf derselben Achse befindliche Rad 2 greift in das Rad 3 ein, welches die Bewegung vermittelst des Rades 4 auf das sogenannte Satellitenrad 5 überträgt. Auf der Achse *pq* dieses Rades sitzen oberhalb die mit einander verbundenen Räder 7, 8 und ebenso unterhalb ein Rad mit Getriebe lose auf. Nebstdem ist das Rad 5 nahe am Rande von einer Achse durchdrungen, auf welcher das Getriebe 6 und das Rädchen *k* sich drehen können. Das Rad 8 zahnt in das Getriebe 9 des Rades 10 ein, welches durch Vermittelung zweier mit je einem Getriebe versehenen, in der Figur der Deutlichkeit halber weggelassenen Zahnräder mit dem Rade *R'* Fig. 2 in Verbindung steht. Wenn also die Hemmung *KH* Fig. 2 sich nach rechts neigt, so wird *M* durch seine Feder im Sinne des Pfeiles gedreht, während *N* festgehalten ist. Man erkennt leicht wie diese Drehung auf die verschiedenen Räder bis auf *R'* übertragen wird, wenn man bemerkt, dass durch das Satellitenrad 5 das Getriebe 6 um die Achse *pq* herumgeführt wird, wobei es sich auch um seine Achse dreht und so die Bewegung auf 7, 8, 9, 10 überträgt. Die Kohlenträger bewegen sich in diesem Falle in der Pfeilrichtung; die Kohlenspitzen nähern sich einander.

Wird in Folge zu starker Annäherung der Kohlen die Hemmung *KH* nach links geneigt und dadurch *R'* arretirt und *R* frei gemacht, so fängt die in *M* befindliche Feder an zu wirken; es dreht sich *N* von rechts nach links und überträgt die Bewegung auf das untere Rad der Achse *pq*, von dessen Getriebe das Rädchen *k* und durch dessen Vermittelung das Rad 5 mitgedreht werden. Mit Hilfe der Räder 5, 4, 3 wird die Bewegung auch auf *M* übertragen, so dass die Kohlen entfernt werden. Die Verbindung zwischen der Trommel *N*

und dem Rade R ist durch zwei Räder mit je einem Getriebe, von denen in der Fig. 3 nur das eine mn abgebildet ist, hergestellt. Um die Bewegung der Räderwerke gleichförmiger zu machen, sind die Achsen von s und s' Fig. 2 mit je einem Windflügel u, v versehen.

Bei einem Apparate wie ihn Fig. 1 darstellt, wird der negative Pol der Kette mit der Klemmschraube z der Röhre L, der positive Polardraht mit der Klemmschraube y verbunden, so dass die positive Kohlenspitze unten zu liegen kommt wie das für physikalische Demonstrationen zweckmässig ist. Soll dagegen möglichst viel Licht nach unten, gegen den Boden gesendet werden, so wird der positive Pol besser nach oben verlegt, wie das auch bei dem Apparate der Fall ist, welcher der Fig. 3 zu Grunde liegt. Mittelst der Knöpfe D und X Fig. 3 lassen sich die Kohlen jede für sich oder beide zusammen bewegen; die Kohlen nähern sich auch, wenn man das unten am Messingkasten PQ Fig. 1 rechts unten befindliche, mit einem Zeiger versehene Knöpfchen x nach rechts dreht. Da auch der Stab fd in einer Hülse verschiebbar ist und sich bei i ein Kugelgelenke befindet, so ist man im Stande die Kohlen mit grösster Genauigkeit einzustellen. Wird x nach links gedreht, so werden die Räderwerke vollständig gehemmt.

Als ein Vorzug des Apparates sei schliesslich noch angeführt, dass derselbe in jeder beliebigen Stellung ebenso gut, wie in vertikaler Lage verwendet werden kann, und dass selbst Erschütterungen und Schwankungen keinen störenden Einfluss auf die Bewegung seines Mechanismus haben, wesshalb er sich zur Beleuchtung von Schiffen sehr gut eignet. Herr Duboscq (Paris, 21 Rue de l'Odeon) führt den Regulator mit gewohnter Sorgfalt in zwei Grössen aus; ein Exemplar der kleineren Sorte kostet 450, eines der grösseren Art 600 Frcs.

Ueber einige registrirende meteorologische Instrumente, die an der Sternwarte des Infanten Don Luiz zu Lissabon gebraucht werden.

(Aus dem Bulletin international de l'Observatoire Imperial de Paris. 17. und 18. November 1865.)

1. Barographen.

Das durch Fig. 1 Taf. XXXV dargestellte Instrument wurde von Milne ausgedacht und seitdem vervollkommnet. Die Barometerröhre muss hinter der Uhr stehen; zur grösseren Deutlichkeit ist sie neben dieselbe gestellt worden.

Das Barometer ist ein Heberbarometer, die beiden Arme des Hebers endigen in zwei cylindrische Röhren von gleichem Durchmesser. Wenn nun das Ende der Quecksilbersäule sich um eine gewisse Länge in einem der Arme des Hebers ändert, so ändert sie sich um die gleiche Grösse im anderen Heberarme. Die Niveauveränderung in dem offenen Arme ist also gleich der Hälfte der Aenderung im Luftdrucke.

Ueber dem Quecksilber des offenen Armes befindet sich ein Schwimmer, der mittelst einer sehr leichten Kette an dem kurzen Arme eines Hebels hängt. Der längere Hebelarm trägt eine andere Kette, an welcher ein Stift angehängt ist.

Wie man leicht einsieht, steigt und sinkt der Pointeur gleichzeitig mit dem Niveau des Quecksilbers im geschlossenen Arme des Hebers; das Verhältniss zwischen den beiden Hebelarmen ist so gewählt, dass die Ausweichung des Pointeurs gleich der Variation des Luftdruckes ist.

Damit die Ketten sich stets in der Verticalen bewegen, tragen die Enden des Hebels Kreisbögen, deren Centrum der fixe Punct ist. Die Ketten sind an dem oberen Theile dieser Kreisbögen angehängt.

Die Registrirung geschieht dadurch, dass vor dem Stift ein vertical stehender Cylinder sich befindet. Dieser Cylinder dreht sich in 24 Stunden um seine Axe; über derselben ist ein Papierstreifen gezogen,

in den der Stift eingedrückt wird, wodurch sich alle Veränderungen des Luftdruckes im Laufe des Tages verzeichnen.

Die Figur 2 Taf. XXXV zeigt den Barographen von Alfred King, der an der Sternwarte zu Liverpool in Thätigkeit ist. In dieser Figur ist *A* die Barometerröhre, deren innerer Durchmesser 75 Millimeter beträgt; sie ist wie eine gewöhnliche Barometerstange gefüllt. Sie taucht in ein Reservoir, das Quecksilber enthält und bewegt sich frei in verticaler Richtung, wobei sie in ihren Bewegungen durch drei kleine Rädchen geführt wird.

Der obere Theil der Röhre ist mit einer Kette verbunden, welche über eine Rolle geht, die um eine horizontale Axe mit möglichst geringem Widerstand beweglich ist. Das andere Ende trägt einen mit einem Bleistifte versehenen Wagen.

Dieser Wagen ist durch Gewichte mit der Barometerröhre für eine bestimmte Stellung in's Gleichgewicht gebracht.

Wenn der Luftdruck zunimmt, tritt Quecksilber aus dem Reservoir in die Barometerröhre über, die Gewichtszunahme bewirkt, dass diese Röhre herabsinkt, und bringt so zugleich ein Steigen des Quecksilbers hervor. Nimmt der Druck ab, so sinkt das Quecksilber in der Röhre, sein Niveau erhebt sich in dem Reservoir, die schwimmende Röhre hebt sich und verursacht dadurch ein Sinken der Quecksilbersäule.

Die Registrirung wird durch den Bleistift bewerkstelligt, dessen Bewegungen mit denen des Quecksilbers correspondiren, allein in entgegengesetztem Sinne. Er steht vor einem um seine verticale Axe beweglichen Cylinder, um welchen quadratisch linirtes Papier gelegt ist, so dass dessen Ordinaten parallel der Axe des Cylinders liegen. Der Cylinder wird durch ein Uhrwerk bewegt, welches in der Figur rechts oben angedeutet ist. Die Bewegungen des Bleistiftes erzeugen so auf dem Papier die Curve der Aenderungen des Luftdruckes.

Dieser von King erfundene Apparat ist dem von Nelld und Secchi erdachten ähnlich.

II. Registrirendes Electrometer von Thomson.

Die Instrumente, welche Fig. 3 und Fig. 4 Taf. XXXV darstellen, registriren ununterbrochen die Variationen der Luftelectricität. Der Ansammelapparat der Electricität ist ein isolirtes mit Wasser gefülltes Gefäss *V* (Fig. 3); die Variationen werden durch eine in horizontaler Ebene bewegliche Nadel *a* (Fig. 4) angezeigt.

Diese Nadel dreht sich mit sehr grosser Leichtigkeit und hält dabei vollständig die ihr mitgetheilte Electricität, die Bewegungen der Nadel werden photographisch durch das gewöhnliche Verfahren registrirt. Wir werden unten darauf zurückkommen.

Dies mit Wasser gefüllte Gefäss trägt unten eine metallene Röhre *a* (Fig. 3) von beinahe einem Meter Länge. Ein sehr feiner Wasserstrahl fliesst unaufhörlich durch das Ende der mit einem sehr geraden Glasrohre endigenden Röhre aus; der Wasserstrahl wird in der Luft electrisch und führt die Luftelectricität zum Gefässe über.

Die Aluminiumnadel, von der oben die Rede war, hängt mittelst eines Platinfadens im Innern einer Röhre, die wie eine umgekehrte Leydener Flasche functionirt.

Diese Röhre (Fig. 4) erhält durch einen Knopf *d* von aussen eine electrische Ladung, welche man ihr leicht mittelst eines Electrophors ertheilen kann. Kleine Metallstreifen *f* dienen dazu, die Ladung zu condensiren und zu reguliren.

Unter der Ebene, welche die Nadel beschreibt, liegen zwei metallene Halbkreise, die von einander wohl isolirt sind (Fig. 4). Der eine derselben steht mit der Erde durch eine Metallstange *r* und einen Kupferdraht *T* in Verbindung, der andere Halbkreis ist mittelst der Stange *r'* und des Drahtes *A* mit dem mit Wasser gefüllten Gefässe verbunden.

Electrisirt man nun die Nadel, so wird sie, da der eine der Halbkreise durch die Erde, der andere durch das Wassergefäss Electricität erhalten hat, auf der einen Seite eine Anziehung, auf der andern Seite eine Abstossung erfahren und sich mit einer gewissen Ablenkung feststellen, wenn die Torsion des sie tragenden Platinfadens den vereinigten Wirkungen der beiden metallischen Halbkreise das Gleichgewicht hält. Aus dem Vorhergehenden geht zur Genüge hervor, dass die Ablenkung sowohl ihrer Grösse als dem Zeichen nach sich mit der Luftelectricität ändern wird. Man erkennt, ob sie positiv oder negativ und wie gross ihr Ueberschuss ist.

Eine wesentliche Bedingung bei diesem Apparate besteht darin, dass die Luft, welche die electrisirte Nadel umgibt, sehr trocken ist. Man erlangt dies genügend, wenn man auf den Boden des Apparates einige Stücke mit Schwefelsäure getränkten Bimssteines bringt.

Man muss nun zugleich mit der Registrirung auch isolirte Beobachtungen erhalten können, so oft man will. Zu diesem Zweck trägt der Platinfaden, an welchem die Nadel *a* (Fig. 4) hängt, einen kleinen,

kreisrunden Spiegel, auf welchen man einen Lichtstrahl lenkt; dieser Strahl wirkt nach der Reflexion auf photographisches Papier, das auf einen Cylinder aufgerollt ist, der in 24 Stunden einen Umgang zurücklegt.

Wenn keine Veränderung in der Spannung der Luftelectricität eintritt, so erzeugt der leuchtende Punct auf dem abgewickelten Papier eine gerade Linie, er bildet dagegen eine Curve, wenn die Spannung der Luftelectricität sich im Laufe des Tages verändert.

Es ist bequem, um die Ordinaten der so erhaltenen Curve zu messen, eine Basis (eine Abscissenlinie) zu haben. Man erhält sie, indem man einen Lichtstrahl auf einen festen Spiegel lenkt, der ausserhalb des Instrumentes in der Art aufgestellt ist, dass der reflectirte Strahl das photographische Papier afficirt, wodurch er eine geradlinige Spur hinterlässt. Damit die so erhaltene Linie wirklich als Basis dienen kann, unterbricht man die Verbindung der beiden metallenen Halbkreise mit der Erde und dem Wassergefässe, wodurch die Nadel eine Gleichgewichtsstellung annimmt; sodann lenkt man einen Lichtstrahl auf den mit der Nadel verbundenen Spiegel. Man stellt nun den äusseren Spiegel so auf, dass der von ihm reflectirte Strahl das photographische Papier in demselben Puncte trifft wie der in den Apparat tretende Strahl.

Dabei muss übrigens der Platinfaden frei von Torsion sein und die Axe der Nadel parallel mit dem die beiden Halbkreise trennenden Durchmesser liegen, welche Lage man erhält, wenn man sie sammt ihrer Unterlage dreht. Je nachdem sie nach der einen oder anderen Seite hin abgelenkt wird, gibt sie das Zeichen der Electricität und die Amplitude ihrer Veränderungen gibt die Spannung.

Ueber einen neuen Commutator.

Von

Ph. Carl.

Vor Kurzem hatte ich Gelegenheit, den von Grüel angegebenen und pag. 254 des Repertoriums beschriebenen gyrotropischen Apparat in meiner Werkstätte ausführen zu lassen. So grosse Vorzüge dieser Apparat auch vor den bisher gebrauchten Commutatoren hat, so leidet er doch an dem Missstande, dass schon bei einigem Gebrauche das Holz oder Bein zwischen den eingelassenen Metallbögen sich mit einer Metallschicht überzieht, welche ganz abgesehen davon, dass sie die Drehung der Scheibe erschwert, die gyrotropische Wirkung des Apparates, da sie selbstleitend ist, ganz aufheben kann. Ausserdem tritt, wie bei allen Commutatoren mit schleifenden Federn, bei der Drehung der Scheibe, eine Erwärmung ein, die einen Thermostrom erzeugt, welcher immerhin so stark werden kann, dass er wenigstens bei feinen Messungen eine störende Wirkung ausübt.

Ich habe nun einen Apparat construirt, welcher vor den bisherigen Commutatoren viele Vorzüge hat und den ich im Folgenden beschreiben will. Es beruht weder auf Quecksilbernäpfchen, noch sind schleifende Federn vorhanden; die Commutation wird einfach dadurch erzeugt, dass im Apparat durch Drehen einer Schraube die Leitungsdrähte verwechselt und dadurch die Richtung des Stromes geändert wird.

Auf die Bodenplatte *A* (Figur 8 Tafel XXXVII) sind zwei feste Stände *B* und *C* aufgesetzt, zwischen denen sich ein beweglicher Ständer *D* befindet. Durch die drei Ständer geht ein Cylinder *S*, *S*, welcher da, wo er durch *D* hindurch geht, ein Schraubengewinde hat, während in *D* selbst die zugehörige Mutter eingelassen ist. Mittelst des Kopfes *K* kann der Cylinder *S*, *S* um seine Axe gedreht werden und der bewegliche Ständer rückt dabei vorwärts oder rückwärts (in der Zeichnung nach links oder rechts), je nachdem der Kopf *K* nach

rechts oder links gedreht wird. Die beiden festen Ständer *B* und *C* sind von Holz und tragen je vier messingene Einsätze *a*, *a'*, *a''*, *a'''* (Fig. 8a) und *b*, *b'*, *b''*, *b'''* (Fig. 8b), welche durch die Leitungsdrähte so miteinander verbunden sind, wie es die Figuren zeigen. Dabei liegt *a* genau *b*, *a'* genau *b'* etc. gegenüber. Durch den beweglichen Ständer *D*, der bis auf die Mutter für die Schraube gleichfalls von Holz ist, gehen vier starke Messingstifte *e*, *e* hindurch, welche zugleich die Klemmen *g*, *g* für die Zuleitungsdrähte bilden und genau in der Richtung zwischen *a* und *b*, *a'* und *b'* . . . liegen.

Wird nun der Kopf *K* gedreht, so bewegt sich der Ständer *D* und die Stifte *e*, *e*, *e*, *e* können je nach der Drehung von *K* an die Plättchen *a*, *a'*, *a''*, *a'''* oder an *b*, *b'*, *b''*, *b'''* angedrückt werden.

Diese Plättchen sind aber wie Fig. 8a und 8b zeigen, so miteinander verbunden, dass wenn man in die unteren beiden Klemmen *g*, *g* die Enden des Galvanometerdrahtes und mit den oberen Klemmen die Zuleitungsdrähte der Batterie verbindet, der Strom, wenn *e*, *e*, *e*, *e* an *b*, *b'*, *b''*, *b'''* anliegen, in entgegengesetzter Richtung das Galvanometer durchläuft, als wenn *e*, *e*, *e*, *e* an *a*, *a'*, *a''*, *a'''* anliegen.

Die Schraube an *S*, *S* hat einen sehr steilen Gang, so dass etwa eine halbe Umdrehung des Knopfes *K* hinreicht, um die ganze mögliche Verschiebung von *D* zu bewerkstelligen, so dass die Commutation ungemein rasch und, was eine Hauptsache ist, sehr sicher ausgeführt werden kann. Der ganze Apparat kann ferner leicht überall, sei dies horizontal oder vertical aufgestellt oder angeschraubt werden. Der einzige Missstand, der mit der Zeit eintreten könnte, wäre der, dass die sich berührenden metallischen Flächen sich mit einer Oxydschicht überziehen würden; ein einziger Strich mit Smirgelpapier reicht übrigens dann hin, die Oberfläche wieder metallisch rein herzustellen.

Ich überlasse es meinen Lesern, die Vorzüge dieses Apparates selbst zu würdigen und bemerke nur noch, dass derselbe in meiner physikalischen Anstalt um 8 fl. geliefert wird.

Die neuen grossen Instrumente der Pariser Sternwarte.

(Les Mondes 1864. VI. Nr. 12. p. 487. 1865. IX. Nr. 10 p. 411.)

In den letzten Jahren erhielt die Pariser Sternwarte drei Instrumente ersten Ranges:

1) Ein grosses Aequatoreal von 31,6 Centimeter freier Oeffnung und 5,15 Focallänge, das an die Stelle des kleinen Gambey-schen Aequatoreals von 10 Centimeter Oeffnung gesetzt wurde.
2) Ein Telescop mit Silberspiegel von 80 Centimeter Oeffnung, 5 Meter Focallänge und äquatorealer Aufstellung.
3) Endlich einen grossen Meridiankreis, dessen Fernrohr 25 Centimeter freie Oeffnung hat und das dem schönen Meridianfernrohre von Cauchoix von 15 Centimeter Oeffnung zur Ergänzung dienen soll. Die Ausführung dieser drei Instrumente wurde unter der Leitung von Le Verrier an Eichens, dem Director der Werkstätten von Sécretan père et fils übertragen. Die Pläne des Aequatoreals waren von Sécretan und Eichens gezeichnet und von Villarceau discutirt und ergänzt. Die Pläne des Spiegeltelescopes wurden von Léon Foucault, dem Erfinder desselben geprüft und approbirt, welcher auch die Operationen der Vollendung und Versilberung des grossen Spiegels von 80 Centimeter Oeffnung leitete, worin eigentlich die ganze Leistungsfähigkeit und das Verdienst des colossalen Werkes beruhen. Die Construction des Meridiankreises wurde blos von Le Verrier und den Künstlern berathen. Die Uhrwerke, welche das Aequatoreal und das Telescop bewegen, sind mit dem von Léon Foucault erfundenen Regulator versehen, der so interessante Resultate ergeben hat. Wir wollen nun im folgenden eine Beschreibung der drei genannten Instrumente geben, die Zeichnungen befinden sich auf Taf. XXXVI.

1. Das Aequatoreal. (Figur 1 Taf. XXXVI.)

Dieses Instrument besteht:

1) aus dem Fussgestelle;
2) einer zur Weltaxe parallelen Rotationsaxe;
3) der darauf senkrecht befestigten Declinationsaxe, die das Fernrohr trägt;
4) einem Uhrwerke, das so eingerichtet ist, dass das Fernrohr um die erstere Axe innerhalb 24 Stunden einen ganzen Umlauf zurücklegt.

Wenn man dabei noch das Fernrohr um die zweite Axe dreht, kann dasselbe so geführt werden, dass es einen beliebigen Winkel mit der ersteren, der Weltaxe, einschliesst; wenn man diese beiden Rotationen combinirt, kann man das Fernrohr ohne Mühe nach irgend einen Stern hin richten, welchem es dann bei seiner täglichen Bewegung folgen wird, so lange die Verbindung der Weltaxe mit dem Uhrwerke statthat. Das Fussgestell des Instrumentes ist von Gusseisen; es ist hohl und schliesst das Uhrwerk ein, sowie auch die Gewichte, die zum Aequilibriren der Polaraxe dienen, damit diese nicht die Unterlagen, auf welchen sie sich dreht, beschädige. Diese Unterlagen werden ihrerseits wieder von einer doppelten Gussplatte getragen, die so eingerichtet ist, dass sie alle Bewegungen annehmen kann, die zur Rectification nach Höhe und Azinut erforderlich sind. An ihrem unteren Ende trägt die Axe einen Stundenkreis, den sogenannten Einstellungskreiss, dessen Vernier eine Zeitsecunde gibt. In diesen Kreis greift ein gezahntes Rad ein, dessen Trieb in die genannte Gussplatte eingelassen ist und durch den Beobachter von dem kleinen Fusstritte aus in Bewegung gesetzt werden kann, wodurch das Instrument um die Polaraxe gedreht wird. Ein wenig unter der Stundenaxe nimmt man von dem gleichen Platze aus zwei Handgriffe wahr, womit man eine grosse Klemme öffnen oder schliessen und dadurch die Bewegung des Instrumentes frei machen oder hemmen kann. Diese Klemme wirkt nämlich wie die Backen eines Schraubstockes auf einen zweiten mit der Stundenaxe fest verbundenen Kreis, welcher sich unter der Declinationsaxe befindet. Der letztere Kreis, dessen Theilung sich auf dem silbernen Limbus befindet, wird von dem Beobachter mittelst sehr langer micrometischer Microscope von dem Fusstritte aus abgelesen. Der Durchmesser des oberen Stundenkreises beträgt 60 Centimeter

und wird durch eine Tangentenschraube mittelst der beschriebenen Zange mit dem Uhrwerk in Verbindung gesetzt.

Die Declinationsaxe, deren Lager senkrecht gegen die Stundenaxe befestigt ist, trägt an ihrem Ende einen Declinationskreis, sowie die Gegengewichte, die nöthig sind, um das Fernrohr bei seiner Rotation um die Polaraxe zu äquilibriren. Der Declinationskreis hat einen Durchmesser von 73 Centimeter und ist von 5 zu 5 Minuten getheilt; die Subdivision in Secunden und Bruchtheile derselben geschieht von der am Fusse des Instrumentes befindlichen kleinen Treppe aus vermittelst micrometischer Microscope. Ein zweiter Declinationskreis, der sogenannte Einstellungskreis, ist an derselben Axe ganz am Fernrohre befestigt und wird vom Oculare desselben aus mit einem Microscope von sehr grosser Brennweite abgelesen. Das Rohr des Fernrohres besteht aus einem cylindrischen, gegossenen Mittelstücke, das mit der Declinationsaxe in Verbindung steht und dessen Verlängerung zwei Conen von Kupfer bilden. Der eine Conus trägt die Objectivfassung, der andere den Zug für die Oculare und die Micrometer und zugleich den Sucher. Von diesem Ende des Fernrohres wird auch mittelst langer Handgriffe die Bewegung der, Declinationsaxe frei gemacht oder gehemmt. Am Ocularende ist auch noch eine Lampe in eigenthümlicher Weise angebracht, von welcher aus mittelst Prismen das Licht einmal zur Erleuchtung der Fäden in das Gesichtsfeld und dann auch noch auf den Index des kleinen Declinationskreises gesendet wird.

Das Uhrwerk wird durch ein Gewicht von 60 Kilogramm in Bewegung gesetzt; der Isochronismus wird durch einen Centrifugal-Regulator von Léon Foucault hergestellt.

Der Beobachter kann von seinem Sitze aus das in Bewegung befindliche Fernrohr, wenn es nöthig ist, ohne Entkuppelung verstellen.

Das Instrument ist in einer Kuppel von 7 Meter Durchmesser aufgestellt. und obwohl es 1200 Kilogramm wiegt, so bewegt sich das Fernrohr doch mit der grössten Leichtigkeit. Es ist mit drei Filarmicrometern und mit mehreren Ocularsätzen versehen, die eine Vergrösserung bis zu 700—800 Mal geben.

2. Das grosse Telescop mit versilbertem Spiegel. (Fig. 2 Taf. XXXVI.)

Dieses Instrument wird in gleichem Sinne wie das Aequatoreal bewegt, allein mittelst anderer Mechanismen. Der wichtigste Theil

dabei ist eine Scheibe von 2 Meter Durchmesser, die sich in sechs Rollen auf einer kreisförmigen Eisenbahn dreht, welche mit einem grossen, dem Aequator parallelen, viereckigen Rahmen von Werkholz verbunden ist. Die grosse Scheibe tritt an die Stelle des Stundenkreises, trägt desshalb an ihrem Umfange auf Messing eine Theilung von 20 zu 20 Secunden. Am Rande trägt sie eine Verzahnung, in welche eine Tangentenschraube und ein Trieb mit einer Kurbel eingreift, womit eine rasche Bewegung der Scheibe um ihre Axe bewerkstelligt werden kann. Die Tangentenschraube steht mittelst einiger Transmissionen mit einem Räderwerke in Verbindung, das nach den gleichen Principien wie das beim Aequatoreale construirt ist. Es ist gleichfalls mit einem Foucault'schen Regulator versehen und mittelst gusseiserner Träger an dem Holzwerke des Instrumentes befestigt. Der Beobachter kann dabei auch mittelst Kurbeln secundäre Bewegungen unabhängig vom Uhrwerke herstellen. Die drehbare Scheibe trägt zwei Säulen, die oben mit Lagern versehen sind, um zwei mit dem Rohre des Telescopes verbundene Zapfen aufzunehmen, welche zusammen die Declinationsaxe bilden.

Der eine dieser Zapfen trägt einen Kreis von I^{m},20 Durchmesser, der von 5 zu 5 Minuten getheilt ist und mittelst eines Index den Winkelwerth der Declination gibt. Dieser zweite Kreis ist an seiner Peripherie gezahnt und wird vom Beobachter mittelst einer Tangentenschraube mit langen Handhaben bewegt. Das Rohr des Telescopes hat die Form eines achtseitigen Prismas und besteht aus Holz; die Zapfen sind vom Spiegel an etwa in ein Drittel der ganzen Länge befestigt. Der Spiegel ist in einer Fassung adjustirt, welche an dem Rohre mittelst Schrauben befestigt ist, durch welche er zugleich centrirt werden kann. Die Oculare, die aus 4 Linsen bestehen, gestatten eine Vergrösserung von 100—1400 Mal. Ein Reflexionsprisma, ganz in der Nähe vom Brennpuncte des Spiegels gestattet das Ocular an der Seite des Rohres anzubringen, so dass der Kopf des Beobachters nicht die Oeffnung des Spiegels beeinträchtigt. Zwei Sucher sind am Rohre befestigt, der eine in der Nähe des Oculares, der andere in der Nähe des Spiegels. Eine an der dem Oculare gegenüberstehenden Seite aufgehängte Lampe sendet ihr Licht auf ein kleines Prisma, von wo aus es auf den grossen Spiegel und von da aus wieder in das Gesichtsfeld des Oculares gelangt, um bei Nacht die beweglichen Fäden des Micrometers zu erleuchten. Vier starke Stellschrauben endlich, die

an der Basis des Holzwerkes angebracht sind, dienen der ganzen Masse des Instrumentes als Stützpuncte.

Das Micrometer trägt ein System von Spinnenfäden, die Fadenplatte ist in unveränderter Lage befestigt. Die Zahl der verticalen Fäden beträgt sechzehn, die der horizontalen zwei. Man verfügt überdies noch über einen verticalen Faden, der mittelst einer Micrometerschraube beweglich ist, und über drei horizontale Fäden, die an dem gleichen Schieber befestigt sind und mittelst einer zweiten Micrometerschraube bewegt werden. Die Entfernung der Fäden ist trotz ihrer grossen Länge constant geblieben; einige davon haben sogar $0^m,10$ Länge.

Der Werth eines Umganges der Micrometerschrauben beträgt 4 Secunden in Zeit (= 1 Minute in Bogen).

Das Ocular vor dem Micrometer ist in zweifachem Sinne beweglich, in horizontalem und verticalem Sinne, mittelst zweier Platten, die durch Schrauben mit dreifachem Gewinde geführt werden. Man kann so auf einen beliebigen Punct im Gesichtsfelde des Fernrohres einstellen.

Die Beleuchtung des Micrometers ist so eingerichtet, dass man dunkle Fäden auf hellem Grunde oder umgekehrt helle Fäden auf dunklem Grunde erhalten kann. Das Licht geht dabei von einer Gaslampe aus, die an der Aussenwand des westlichen Pfeilers angebracht ist. Soll das Gesichtsfeld erleuchtet werden, so nimmt ein ganz kleines, in der Mitte befindliches Prisma das Licht auf und reflectirt es gegen die ganze Ausdehnung des Netzes hin. Will der Beobachter die Fäden erleuchten, so drückt er an einen nahe beim Oculare befindlichen Knopf; es wird so durch eine Stange eine ringförmige Platte, die vier Prismen trägt, im Cubus gedreht; diese vier Prismen senden das Licht gegen vier andere Prismen, die sich im Micrometer selbst vor den Fäden befinden und das Licht auf diese reflectiren.

Die beiden freien Oberflächen des Cubus können geöffnet und die Platte mit den vier inneren Prismen herausgenommen werden, wodurch den Lichtstrahlen ein ganz freier Durchgang gestattet ist und die Rectification zweier nördlich und südlich aufgestellter Collimatoren bewerkstelligt werden kann.

Der Kreis ist von Messing, er hat 1 Meter Durchmesser, sein silberner Limbus ist von fünf zu fünf Minuten getheilt.

3. Der Mediankreis. (Fig. 3 Taf. XXXVI.)

Dieses Instrument wird zur Beobachtung der kleinen Planeten angewendet. Es steht in dem Meridiansaale der kais. Sternwarte auf Pfeilern von hartem Steine (Monolithe), deren Fundamente auf einer 2 Meter dicken und 5 Meter hohen Mauer ruhen. Der Abstand der beiden Pfeiler beträgt $1^m,35$; daselbst ist eine Aushöhlung in den Boden hinein von $1^m,06$ Tiefe. Man steigt auf zwei Treppen hinab, die sich an den beiden Enden der Aushöhlung befinden, deren Stufen beweglich sind und gleichzeitig als Sitz für den Beobachter dienen. Bei dieser Anordnung steht der Mittelpunct der Zapfen der Axe des Instrumentes nicht mehr als $1^m,60$ über dem Boden des Saales. Das Rohr des Fernrohres, sowie die grosse Axe sind von Gusseisen. Die Axe besteht in der Mitte aus einem Cubus von $0^m,54$ Seite, an den sich zwei abgekürzte Conen anschliessen, die an ihren freien Enden Zapfen von Gussstahl tragen, deren Durchmesser $0^m,120$ beträgt und deren cylindrischer Theil $0^m,140$ lang ist.

Der östliche Zapfen hat eine cylindrische Verlängerung, die an ihrem Ende den getheilten Kreis trägt. Die Zapfen liegen in den messingenen Lagern auf; die Form dieser Lager sind Segmente einer in ihrem unteren Theile unterbrochenen Cylinderfläche; sie können durch ein System von Platten und beweglichen Keilen von Messing rectificirt werden, welche senkrecht gegen die horizontalen Flächen der Pfeiler liegen. Diese Platten bilden nach der Regulirung des Instrumentes durch den Druck zweier grosser Stahlschrauben ein einziges Stück mit den Lagern. Um den Druck des Instrumentes gegen die Lager zu vermindern, befinden sich unter den Enden der Axe Frictionsrollen von Glockenmetall, die in einem gegossenen Rahmen befindlich durch Hebel und Gegengewichte gehoben werden. Zwei andere Seiten des mittleren Cubus tragen zwei lange abgekürzte Conen, an denen sich das Objectiv und das Ocular befinden. Diese Conen haben an ihrer Basis einen Durchmesser von $0^m,485$; der an der Ocularseite befindliche ist kürzer als der das Objectiv tragende, weil das Micrometer mit seinem Zubehör einen viel grösseren Raum einnimmt als das Objectiv.

Das Objectiv hat eine Brennweite von $3_m,852$ und $0^m,250$ Oeffnung.

Der Index ist ein mit einem Faden versehenes Microscop von langer Brennweite, welcher $0^0 0'$ anzeigt, wenn das Fernrohr gegen

den Nordpol gerichtet ist. Ausserdem sind sechs micrometrische Microscope am Pfeiler angebracht, deren Vergrösserung so regulirt ist, dass bei fünf Schraubenumgängen der Faden von einem Theilstriche zum nächstfolgenden fortgeht. Die Trommel der Schraube ist in 60 Theile getheilt, so dass jeder Theil einer Secunde entspricht.

Die Microscope werden von Unterlagen mit Schiebern getragen, die durch zwei Bolzen befestigt sind. Die Länge des messingenen Rohres am Microscope und die des gegossenen Fusses stehen in einem solchen Verhältnisse, dass trotz der Veränderungen der Temperatur der Abstand des Objectivs von der Mauer constant bleibt. Damit der Werth eines Schraubenganges der gleiche bleibe, reicht es sodann hin, dass der Kreis stets in der gleichen Distanz von der Mauer gehalten werde. Zu diesem Zwecke sind am westlichen Ende der Axe zwei starke Widerlager angebracht, welche ihn andrücken und die Endfläche des östlichen Zapfens in Berührung mit einem festen gusseisernen Stücke (Buttoir) festhalten. Die Theilungen des Kreises unter jedem Microscope und unter dem Index sind durch eine Gaslampe erleuchtet, die in der Höhe der Zapfen und in einem Abstand von $1^{m},50$ angebracht ist. Ein zweiter Kreis (von Guss) mit einem Durchmesser von $1^{m},20$ ist innerhalb des Pfeilers auf dem östlichen Conus der Rotationsaxe befestigt. Er endigt in eine Verzahnung, in die die Backen einer festen Zange eingreifen, welche zur Einstellung des Instrumentes dient. Diese Zange ist mit einer Klemmschraube versehen, welche sowohl der Beobachter, wenn er das Auge am Fernrohre hat, als auch der Gehilfe, der die Ablesung des Kreises besorgt, handhaben kann.

Um das Instrument in einer gegebenen Lage einstellen zu können, ist es mit einem Aufsuchekreis von $0^{m},25$ Durchmesser versehen, der sich an der westlichen Seite des Fernrohres nahe beim Micrometer befindet. Dieser Kreis trägt eine Libelle, einen Arm mit einer Klemmschraube und zwei Verniers, die noch eine Bogenminute geben.

Ueber die persönlichen Gleichungen.

Von

R. Radau in Paris.

(Fortsetzung von pag. 218.)

Vom 2. bis 20. Juni 1858 beobachteten Peters, Pape, Gussew und Winnecke abwechselnd nach der gewöhnlichen Methode und mittelst des electrischen Chronographen. Jeder Stern wurde von zweien dieser Astronomen beobachtet, der eine nahm die ersten, der andere die letzten Fäden. Die Zahl der Fäden, welche jeder beobachtete, betrug drei für die gewöhnliche Methode und vier für die chronographische Methode; bei den Vergleichungen mit Winnecke begnügte man sich mit zwei Fäden im ersten Falle und mit dreien im zweiten Falle. Folgendes sind die Resultate für verschiedene Sterne:

	Gussew — Peters		Gussew — Pape		Pape — Peters	
	3. Juni	2. Juni	3. Juni	2. Juni	7. Juni	8. Juni
	Gewöhnl. Methode	Chronograph	Gewöhnl. Methode	Chronograph	Gewöhnl. Methode	Chronograph
	s	s	s	s	s	s
	— 0,14	+ 0,14	— 0,02	— 0,03	+ 0,01	— 0,17
	+ 0,12	— 0,04	+ 0,43	— 0,12	— 0,28	— 0,18
	+ 0,24	— 0,09	+ 0,19	— 0,03	+ 0,09	— 0,15
	— 0,02	— 0,20	+ 0,29	— 0,05	— 0,22	— 0,24
	— 0,33	— 0,13	— 0,06	— 0,04	— 0,19	— 0,08
	+ 0,05	— 0,08	— 0,21	— 0,07	— 0,33	— 0,15
	— 0,06	— 0,08	— 0,22	— 0,02	— 0,18	— 0,19
	— 0,57	— 0,19	— 0,24	— 0,14	— 0,07	— 0,06
		— 0,26	+0,020	—0,063	— 0,19	— 0,04
		— 0,12	0,173	0,030	+ 0,07	— 0,11
Mittel	—0,089	—0,105			— 0,19	— 0,07
Wahr-					+ 0,19	— 0,24
scheinl.					—0,108	—0,140
Fehler	0,175	0,074			0,111	0,047

	Winnecke — Pape		Winnecke — Peters	
	17. Juni	18. Juni	19. Juni	20. Juni
	Gewöhnliche Methode	Chronograph	Gewöhnliche Methode	Chronograph
Mittel	+ 0,208	— 0,128	+ 0,050	— 0,171
Wahrscheinl. Fehler	0,114	0,081	0,130	0,074

Für Winnecke haben wir einfach die Mittelwerthe und die wahrscheinlichen Fehler der Personalgleichungen gegeben, die vom 17. bis 20. uni bestimmt wurden.

Die absolute Grösse der persönlichen Gleichungen zeigt hier eine eigenthümliche Veränderlichkeit, allein sie ist doch für die chronographische Methode viel geringer als für die gewöhnliche Methode. Es geht dies auch aus den wahrscheinlichen Fehlern dieser Bestimmungen hervor, die wir oben unter die Mittelwerthe gesetzt haben; diese wahrscheinlichen Fehler sind für die chronographische Methode um die Hälfte geringer, was beweist, dass bei dieser Methode die Schwankung der Personal-Gleichungen weniger stark ist.

In Nummer 1284 der Astronomischen Nachrichten hat Pape noch ausgedehntere Untersuchungen über die relative Genauigkeit angestellt, die man nach beiden Methoden erlangen kann; seine Schlüsse sind ebenfalls günstig für die amerikanische Methode.[1])

Pape sucht die Fehler der beobachteten Durchgänge für einen oder mehrere Fäden, und die der Differenzen der geraden Aufsteigungen, welche von ihm und anderen Astronomen nach den beiden rivalisirenden Methoden bestimmt wurden. Er nimmt an, dass der Fehler einer gewöhnlichen Beobachtung des Durchganges eines Sternes sich zusammensetzt aus einem constanten Theile, der vom Gehöre abhängt (*error of ear*) und aus dem Fehler, der begangen wird, wenn man die Distanz, welche den Stern vom Faden trennt, in dem Augenblicke schätzt, wo man den Schlag der Uhr hört (*error of eye*). Dieser letztere Theil, der Fehler des Sehens oder der Pointirung, wird kleiner im umgekehrten Verhältnisse der Schnelligkeit des Durchganges; er muss nahe derselbe sein für die beiden Verfahrungsweisen. Die constante Grenze des ganzen Fehlers dagegen muss für die chronographische Methode sehr verschieden ausfallen, da er dabei von der Art und Weise abhängt, wie man das Signal gibt, oder auch von der Wir-

1) Später ist Pape — wie uns Peters mitgetheilt hat — etwas von seinem Enthusiasmus für diese Methode zurückgekommen.

kungsweise des Apparates. Allein die Erfahrung hat gezeigt, dass diese constante Grenze sich bei dem electrischen Verfahren beträchtlich reducirt, wodurch dessen überwiegender Vorzug so deutlich wird, namentlich für die Aequatorealsterne, bei welchen die veränderliche Grenze ihr Minimum erreicht. Wenn es sich um Polarsterne handelt, so geben die beiden Verfahrungsweisen fast das gleiche Resultat; nämlich eine Unsicherheit von $0^s,7$ für einen einzelnen Faden.

Für den Aequator hatte Pape aus seinen eigenen Beobachtungen den wahrscheinlichen Fehler eines einzelnen Fadens zu $0^s,087$ gefunden, wenn er die alte Methode anwandte, und zu $0^s,053$ für den Chronographen. Dieser Werth stimmt mit dem von Dunkin gegebenen ($0^s,051$) und mit dem, welcher von Lamont zu München im Jahre 1852 bestimmt wurde ($0^s,05$). Andrerseits geben die Beobachtungen von Struve $0^s,077$ für die Unsicherheit eines Fadens in der Nähe des Aequators. Es scheint desshalb, dass die Unsicherheit der chronographischen Beobachtungen viel geringer ist als bei den nach der gewöhnlichen Methode angestellten.

Pape hat auch den wahrscheinlichen Fehler eines vollständigen Durchganges aus den in Altona einmal mittelst des Chronographen, dann nach der gewöhnlichen Methode angestellten Beobachtungen bestimmt und daraus die Aequivalentzahl der gewöhnlichen Beobachtungen abgeleitet, welche die gleiche Genauigkeit wie der Altonaer Chronograph geben würden. Folgendes sind die aus dieser Vergleichung erhaltenen Zahlen:

	Wahrscheinliche Fehler eines Durchganges	Aequivalent
Altona (Chronograph) . . .	$0^s,0212$	1
Dorpat (Alte Methode). . .	0,0404	3,7
Pulcowa	0,0415	3,9
Königsberg	0,0502	5,6
Altona	0,0530	6,4
Abo	0,0551	6,6
Berlin	0,0758	12,9

Die Columne für die Aequivalente wird mancherlei Bedenken erregen, allein sie beweist immerhin, dass der Chronograph ein kostbares Hilfsmittel für die Durchgangsbeobachtungen bildet (in Königsberg gebraucht man denselben auch seit einigen Jahren). Indem Pape die Differenzen der geraden Aufsteigungen discutirte, kam er

zu einem ebenso glänzenden Resultat und schliesst daraus, dass die amerikanische Methode eine Genauigkeit erreichen lässt, zu welcher die alte Methode nie gelangen würde, so dass der Zuwachs an Arbeit, der durch die neue Methode verursacht wird, durch den höheren Werth der Beobachtungen mehrmals compensirt wird.

Faye hat mehrere Male vorgeschlagen, einen Schritt weiter zu gehen und die menschliche Maschine ganz bei Seite zu setzen, indem er den Beobachter durch einen Photographenapparat ersetzt[1]).

Die Möglichkeit, den Beobachter zu entfernen, wurde durch die Versuche dargethan, welche Porro in den Jahren 1858 und 1860 nach den Ideen von Faye unter Beihülfe von H. Robert, Digney frères und Quinet angestellt hat[2]). Das Verfahren, welches für die Sonne ungemein einfach ist, wird delicater, allein nicht unausführbar, wenn man es auf die Sterne anwenden will; es besteht darin, an die Stelle des Auges des Beobachters eine empfindliche Platte zu substituiren und den Augenblick electrisch zu registriren, wenn das Licht in die dunkle Kammer eintritt, die am Meridianinstrument angebracht ist.

Wenn Alles für die Beobachtung vorbereitet, das Fernrohr gut eingestellt ist, zieht man das gewöhnliche Ocular heraus und ersetzt es durch ein anderes, das mit einer kleinen photographischen Camera in Verbindung steht, welche von einer achromatischen Doppellinse gebildet wird. Die Rückwand der Camera ist durch eine longitudinale Casette geschlossen, deren Axe und Schieber parallel zur Bewegung der Sonne stehen. Sodann bringt man in die Casette eine auf trocknem Wege präparirte Platte, welche in der Casette in der Weise fortgleiten kann, dass sie der Reihe nach mehrere Bilder der Sonne (oder eines Theiles der Sonnenoberfläche) aufnimmt. Es reicht hin, mit dem Finger eine kleine Arretirung zu verstellen, um die Platte um ein Stück weiter zu rücken. Will man ein Bild aufnehmen, so schliesst der Mechanismus, welcher unter dem Drucke des Fingers das Instrument öffnet, zu gleicher Zeit den Stromkreis, der mit einem Uhrwerk oder Regulator mit conischem Pendel in Verbindung steht, in der Art, dass der Augenblick, in dem das Bild aufgenommen wird, genau registrirt ist. Dieses schwarze oder negative Bild der Aequatorealzone der Sonne ist von den weissen Bildern der Fäden des Fernrohres

---

1) Comptes rendus de l'Académie, 25 janvier 1858.

2) Ibid. 15 mars et 12 avril 1858, 28 mai 1860.

durchzogen und es ist so leicht, die Distanz der Ränder von den Fäden zu messen; da ferner der Augenblick der automatischen Beobachtung von dem electrischen Pendel markirt wird, so ist man auf diese Weise im Besitze aller Daten einer vollständigen Meridianbeobachtung, die frei von jedem persönlichen Fehler ist.

Die Platte, welche Faye im Jahre 1860 der Academie vorzeigte, trug zehn vollständige deutliche Bilder der Sonne und der Fäden, welche in zwanzig Secunden durch einen Photographen erhalten wurden, der einfach eine Planchette zu ziehen und eine Auslösung los zu lassen hatte. Als Faye später diese eigenthümliche Beobachtung prüfte, erkannte er, dass mehrere Flecken zu gleicher Zeit mit den Rändern der Sonnenscheibe abgebildet waren, auf welche letztere die Aufmerksamkeit der Beobachter vorzüglich gerichtet sein muss. Wir haben also auf diese Weise einen weiteren Vorzug des automatischen Verfahrens es wird durch dasselbe alles das registrirt, was man eben sucht und was man später suchen will.

Die Photographien der Sonnenfinsterniss vom 15. März 1858 waren weniger gelungen als die genannte Meridianbeobachtung, woran Wolken die Ursache waren. Allein diese Versuche zeigten hinlänglich, welchen Vortheil die Astronomie in Bezug auf Genauigkeit aus der Photographie ziehen kann.

Man muss übrigens durchaus nicht glauben, dass die Anwendung der Electricität und der Photographie für das automatische Registriren der Beobachtungen eine absolute Genauigkeit zuliesse. Regnault musste bei seinen Untersuchungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in den Gasen sein Augenmerk vielfach auf die Fehler richten, welche aus dem nicht plötzlichen Eintritte der Fortpflanzung, nicht blos der personellen organischen Empfindungen, sondern auch der telegraphischen Registrirapparate resultiren[1]). Er überzeugte sich, dass wenn auch die Fehler in der persönlichen Schätzung des Beobachters immer viel grösser sind als die, welche aus den telegraphischen Registrirapparaten hervorgehen, diese nichts desto weniger sehr merklich sind und dass man sie keineswegs als Null betrachten darf.

Die telegraphischen Registrirapparate functioniren durch Unterbrechung oder durch Schliessen eines Stromes, manchmal direct, am häufigsten jedoch durch von diesem erzeugte Inductionsströme. Man

1) Comptes rendus de l'Académie, 12 septembre 1864, p. 479.

kann sich daher leicht überzeugen, dass ein metallischer Contact eine bemerkbare Zeit andauern muss, bis der Strom entsteht und überdies bis die Inductionsströme die Markirungsvorrichtungen in Thätigkeit versetzen. So stiess bei den Untersuchungen von Regnault eine Metallstange mit hinreichender Kraft gegen eine Metallplatte, um diese zu durchbrechen und dann wieder rückwärts zu gehen. Wenn diese Bewegung in einer sehr kurzen, wenn auch merklichen Zeit vor sich ging, so wirkte die Markirungsvorrichtung niemals. Es ist also klar, dass die Wirkung dieser Vorrichtung erst nach dem Entstehen des Stromes eintritt und zwar variirt die dazwischen liegende Zeit je nach der Intensität des Stromes. Es wird jedoch oft leicht sein, die Apparate so einzurichten und die Beobachtungsweise so anzuordnen, dass diese Fehlerquelle vermieden wird.

Wir müssen hier noch ein anderes Hilfsmittel erwähnen, das von A. Redier vorgeschlagen wurde, um die Personalgleichung bei astronomischen Beobachtungen zu eliminiren[1]). Redier bringt in den Brennpunct des Fernrohres einen mit dem Sterne beweglichen Faden (fil mobile comme l'étoile), indem er mit derselben Geschwindigkeit fortrückt und auf den man pointirt, wie wenn eine feste Mire vorhanden wäre, nämlich, so dass er den Stern genau bedeckt. Indem man das Ocular durch die Bewegung des Uhrwerkes, welches den Faden treibt, fortgehen lässt, erhält man so die scheinbare Unbeweglichkeit des hinter dem Faden stehenden Sternes. Die Meridianlage des Fadens wird auf einer Scala angezeigt und ein eigner Mechanismns gibt die Secunde, so dass es leicht ist, den Moment des Durchganges über den Meridian zu notiren.

Wir wollen nun die Anordnungen kennen lernen, mit deren Hilfe Redier seine Idee realisirt hat. Man kennt die Zeigercomparatoren, die in einigen Ateliers angewendet werden, um geringe Dicken zu messen. Ein kurzer Backen (mâchoire), der sich je nach dem Durchmesser des zu messenden Objectes öffnet und schliesst, lässt einen Zeiger an einem getheilten Zifferblatte sich bewegen. Wir wollen nun einen derartigen Apparat im Brennpuncte von aussen so an das Fernrohr befestigen, dass das Ende eines Schiebers, der das Netz trägt, sich an den Backen des Comparators selbst anlegt. Die Lage des Zeigers, der durch einen hinlänglich starken Trieb fortgeführt wird,

1) Les Mondes I., p. 491, the Reader IV. p. 141, 30 Juli 1864.

zeigt genau die Lage des Fadens vom Netze im Gesichtsfelde des Fernrohres an, und man wird im Voraus die Anordnung treffen können, dass wenn dieser Zeiger auf Null steht, der Faden sich genau in der Meridianlage befindet.

Anstatt den freien Zeiger dieses Comparators einfach durch den Druck, welchen der Trieb der Fadenplatte auf sein Räderwerk ausübt, auf Null zurückführen zu lassen, reguliren wir seinen Gang durch ein Uhrwerk. Das Netz wird im Gesichtsfelde des Fernrohres langsam d. h. mit der Geschwindigkeit des zu beobachtenden Sternes fortrücken; der Zeiger wird den Weg und die Lage desselben anzeigen, und da mit einem Stellknopfe, der mit dem Räderwerk des Uhrwerkes verbunden ist, die Lage des Fadens um eine beliebige Grösse vor- oder zurückgerückt werden kann, so wird man im Stande sein, die Ankunft des Sternes am Nullpuncte genau zu pointiren; es wird sich dann nur noch darum handeln, den Durchgang bei dieser Position der Scala zu notiren. Um dies genau ausführen zu können, schlägt ein besonderes Räderwerk, obwohl das Chronometer eine gleichförmige Bewegung besitzt, mit einem scharfen Schlage die ganze Secunde, und dies ist der regelmässige Schlag, der leicht mit der Sternuhr oder mit dem Differentialcompteur von Redier verglichen werden kann.

Es ist noch zu erwähnen, wie man, während Alles den gleichen Gang gegen den Zeiger beibehält (so dass man das Verfahren microchronometrisch nennen könnte), die Geschwindigkeit des Fadens im Brennpuncte des Fernrohrs je nach der Declination des zu beobachtenden Sternes ändern kann. Der Backen am Chronometer, an den sich der Schieber des Fadennetzes anlegt, dreht sich um ein Centrum, welchem man den Berührungspunct des Schiebers nähern oder davon entfernen kann und zwar um eine Grösse, die leicht durch eine graduirte Scala regulirt wird, so dass man auf diese Weise leicht nach Willkür die Geschwindigkeit des Fadens ändern kann.

Mit einem automatischen Oculare dieser Construction wurden am kaiserlichen Observatorium Versuche angestellt, und es scheint, dass man eine Genauigkeit von einer Zwanzigstel Secunde erlangt hat. Redier hat vor, seinen Apparat mit einem electrischen Chronographen in der Art zu combiniren, dass man die Durchgänge mechanisch registriren kann.

Wir können hier nicht unerwähnt lassen, dass eine ähnliche Einrichtung auch von Wheatstone vorgeschlagen wurde. In der Sitzung

der Royal Astronomical Society vom 13. Mai 1864 machte der Präsident Warren de la Rue, nachdem Dunkin seine Arbeit über die wahrscheinlichen Fehler der Durchgangsbeobachtungen zu Greenwich verlesen hatte, darauf aufmerksam, dass Wheatstone gerathen habe, die persönlichen Fehler dadurch zu vermindern, dass man einen beweglichen Faden einführt, der den Stern bei seiner Bewegung begleiten kann und in der Weise eingerichtet ist, dass sein Durchgang durch die optische Axe des Fernrohres (oder durch mehrere bestimmte Puncte des Gesichtsfeldes) durch einen Contact oder eine Marke am Chronographen signalisirt würde. Man würde so einen fast ganz automatischen Durchgang erhalten. Dieses Verfahren, sagte Warren de la Rue, würde sich nur wenig von dem unterscheiden, welches er selbst bei seinen ersten Versuchen, den Mond zu photographiren, in's Werk gesetzt hatte.

Der Colonel Strange bemerkte alsdann, dass er bei einem Besuche der Pariser Sternwarte mit Erfolg den Apparat von Redier functioniren sah, der auf sehr vollkommene Weise die Idee Wheatstone's realisirte, obwohl Redier nicht dafür Sorge getragen habe, ihn mit dem electrischen Chronographen zu verbinden. Uebrigens, fügt Strange hinzu, war man an der Pariser Sternwarte gegen den Gebrauch des Chronographen eingenommen, Le Verrier sagte, „dass dies schlechte Astronomen mache.“ Auf diese Bemerkung hin erwiderte Dunkin, dass die Astronomen in Greenwich, obwohl zehn Jahre der alten Beobachtungsmethode entwöhnt, manchmal, wenn der Chronograph nicht functionire, genöthigt wären, zu derselben ihre Zuflucht zu nehmen, dass sie aber trotzdem noch ihre alte Genauigkeit besassen. Der fortgesetzte Gebrauch des Chronographen verdarb also durchaus nicht die Astronomen.[1]) Dieser Ausspruch Strange's hat übrigens eine Reclamation Le Verrier's hervorgerufen,[2]) der erklärte, dass man ihn falsch verstanden habe.

Eine andere mechanische Einrichtung, die geeignet ist, den Beobachter der Nothwendigkeit, auf die Uhr zu hören, oder einen Schlüssel zu berühren, überhebt, hat C. Braun, Professor der Physik zu Pressburg in Ungarn, im December 1863 an Airy berichtet; allein die

1) Monthly Notices XXIV. Nr. 1.

2) Monthly Notices und Bulletin international.

Angaben, welche Airy von dieser Erfindung gibt, sind zu vag, als dass man sich irgend eine Vorstellung davon machen könnte.[1])

Glücklicher Weise haben wir uns die Abhandlung verschaffen können, welche Braun vor Kurzem über seine Erfindung veröffentlicht hat[2]) und wir sind desshalb im Stande, das Princip zu erklären. Es scheint sogar, dass diese Erfindung dem Datum nach der von Redier vorausgegangen ist, denn Braun hat sie schon in einem Briefe vom 21. Februar 1864 an Secchi mitgetheilt. Er hat ferner seine Construction im September 1864 Ertel in München vorgelegt und demselben im darauffolgenden Monate seine Zeichnungen zugesendet. Ertel hat auch dem Plane des Instrumentes seinen Beifall ertheilt und sich zur Ausführung desselben bereit erklärt, falls sich ein Käufer finden sollte.

Das von Braun erdachte Passagenmicrometer besteht im Folgenden: Ein verticaler Faden wird mitten durch das Gesichtsfeld des Fernrohres mit einer Geschwindigkeit geführt, welche der des zu beobachtenden Sternes gleichkommt; man bringt den Faden zur Coincidenz mit diesem Sterne, welcher dann auf einige Momente hinter dem Faden verschwindet; in einem gegebenen Augenblicke arretirt die Uhr selbst, während sie die Secunde schlägt, der Gang des Fadens und die Lage, welche derselbe in diesem Augenblicke einnimmt, wird mit Hilfe eines Micrometers gemessen. Man findet so die Distanz des Sternes vom Meridiane in einem vollständig bestimmten Augenblicke, der ganz in der Nähe des Momentes des Durchganges liegt.

Diese Einrichtung erinnert in einigen Puncten an die von Redier, allein sie unterscheidet sich davon doch hinlänglich, so dass sie als eine originelle und unabhängige Erfindung gelten kann. Die Bewegung des Uhrwerkes, welches den Faden fortführt, ist durch einen Watt'schen Moderateur in eigenthümlicher Weise regulirt. Wenn die Rotationsgeschwindigkeit zunimmt, so heben die beiden Pendel, während sie sich von einander entfernen, einen Cylinder in die Höhe, der auf zwei Winkelhebel wirkt; diese Hebel wirken wieder auf die verticale Axe selbst, deren Geschwindigkeit sie zu vermindern streben, indem sie gegen den Rand einer Scheibe drücken, welche mit dieser Axe rotirt. Es hat also auf diese Weise stets Gleichgewicht hinsichtlich der Rotation statt und man kann leicht eine constante Geschwindigkeit erhalten,

---

1) Monthly Notices XXV. Nr. 5.

2) Das Passagen-Micrometer von Dr. Carl Braun, L. J. Leipzig 1865.

indem man durch eine Schraube die Lage der Winkelhebel regulirt. Dieser Apparat ist an dem Fernrohre neben dem Oculare angebracht, um auf die Micrometerschraube zu wirken, welche den beweglichen Faden führt; oder noch besser bringt man die Vorrichtung auf einen gesonderten Pfeiler, von wo aus sie die Bewegung zur Schraube des beweglichen Fadens mittelst eines Systems von Trieben und gezahnten Rädern (durch die Rotationsaxe des Fernrohres hindurch) überträgt. Man kann so dem beweglichen Faden eine constante Geschwindigkeit geben, die zugleich der eines Sternes zwischen dem Aequator und dem 70. Grade der Declination gleichkommt; für Sterne, die noch näher dem Pole liegen, wird der Apparat zu complicirt, da man dann noch ein Hilfsräderwerk anwenden muss.

Wenn der Faden in Bewegung sich befindet und dem Sterne folgt oder vorangeht, kann man ihn auf diesen letzteren einstellen, indem man die Micrometerschraube in der Trommel verrückt, welche sie trägt und welche an der Bewegung des Uhrwerkes Theil nimmt. Um den Faden zu arretiren, lässt man zwei horizontale Hebel auf eine Scheibe wirken, die von der Axe des Moderateurs getragen wird, diese Scheibe steht mit Rädern in Verbindung und es reicht hin, sie zu arretiren, um den Gang des Uhrwerks auszulösen. Da es jedoch gefährlich wäre, plötzlich die conischen Pendel zu arretiren, so ist die Scheibe nur durch eine Druckfeder mit der Axe verbunden, so dass diese sich noch fortdreht, auch wenn die Scheibe unbeweglich geworden ist. Es scheint uns jedoch, dass die Wirkung der Hebel auf die Scheibe und die damit in Verbindung stehenden Räderwerke momentan statthat, woraus dann eine grobe Fehlerquelle folgen muss.

Die beiden Hebel schliessen sich wie ein Schraubstock durch die Einwirkung eines Electromagneten, welcher ihre beiden Enden in dem Momente anzieht, wo die Spitze des Pendels der astronomischen Uhr in ein Gefäss voll Quecksilber eintaucht und so einen galvanischen Strom schliesst. Eine besondere Einrichtung verhindert ein sofortiges Nachlassen des Stromes, wenn die Spitze des Pendels das Quecksilber verlässt; er wirkt vielmehr noch fort auf die beiden Hebel, die den Faden arretiren, und man kann von da an die Distanz des Fadens vom Meridiane an der Trommel der Micrometerschraube ablesen. Diese Distanz lässt die Lage des Sternes für die Mitte der Secunde erkennen, während welcher die Beobachtung stattgefunden hat.

Dies ist in wenigen Worten das Princip des Passagenmicrometers.

Auf den ersten Blick bietet es mehrere Nachtheile, welche hauptsächlich in der Art bestehen, wie die Rotationsbewegungen übertragen werden; allein vielleicht liessen sich diese Schwierigkeiten dadurch beseitigen, dass man bestimmte Theile des projectirten Apparates in geeigneter Weise abändern würde.

Bei der gewöhnlichen Praxis bringt man die persönlichen Fehler dadurch in Rechnung, dass man jedem Astronomen die Verpflichtung auferlegt, seine Beobachtungen zu bezeichnen, um sich nicht mehr der Gefahr auszusetzen, unvergleichbare Resultate mit einander zu combiniren. Wenn man gezwungen ist, wie dies bei der Bestimmung der Längenunterschiede der Fall ist, die Hälfte der Arbeit zwei Beobachtern zu übertragen, so hilft man sich damit, dass man die Beobachter vertauscht. Handelt es sich um Erscheinungen, welche leicht an derselben Stelle von mehreren Beobachtern zugleich beobachtet werden können, wie die Finsternisse oder die Bedeckungen, so nimmt man das Mittel der individuellen Resultate. Man hat sogar versucht, gleichzeitige Beobachtungen von Meridiandurchgängen anzustellen, indem man das Bild der Sonne und der Fäden auf einen Schirm auffallen liess, der in geeigneter Distanz vom Fernrohre aufgestellt war, wodurch der Durchgang mehreren Beobachtern zugleich sichtbar ward. Dieses Verfahren gestattet in sehr bequemer Weise die Personalgleichungen zu bestimmen; es wurde von Maury an der Sternwarte zu Washington in's Werk gesetzt[1]) und auch vom Capitän Jacob im Jahre 1858 am Observatorium zu Madras.[2]) Die zu Madras vom Februar bis Mai 1858 angestellten Beobachtungen wurden von C. Ragoonatha Charey discutirt, welcher daraus die folgenden Personalgleichungen zwischen sich selbst, dem Capitän Jacob und den beiden Gehilfen Sashoo Iyengar und Mootosamy Pillay ableitete:

$$J - S = -0^s{,}801$$
$$J - R = -0{,}413$$
$$J - M = -0{,}157$$
$$M - S = -0{,}644$$
$$M - R = -0{,}256.$$

Es ist ganz eigenthümlich, dass die Astronomen nicht sofort Sorge dafür trugen, Beobachtungen anzustellen, die klarere und exactere

1) Washington Observations. Vol. I. p. 49.
2) Monthly Notices XIX. Nr. 10 p. 338. 1859.

Kenntnisse von dem absoluten Werth der persönlichen Fehler erlangen liessen, wovon die Personalgleichungen nur Differenzen geben. Der erste, welcher zu diesem Zwecke angestellte Versuche veröffentlicht hat, ist — wie wir glauben — Prazmowski, der frühere Astronom der Warschauer Sternwarte. Eine Note, worin er seine Ansichten über diesen Gegenstand darlegte, wurde von Le Verrier am 17. April 1854 der Pariser Academie vorgelegt und wenige Zeit darauf im Cosmos (Vol. IV. p. 445) gedruckt.

Die grosse Veränderlichkeit der persönlichen Fehler mit der Zeit, mit den Stunden des Tages und mit der jeweiligen Disposition des Beobachters (Circulation des Blutes, nervöse Ermüdung etc.) sollte in der That das Verlangen nach Untersuchungen über den absoluten Werth des persönlichen Fehlers, sowie über die Umstände, wovon er abhängt, rege machen. Ein Instrument, welches den absoluten persönlichen Fehler für irgend einen Moment des Tages zu studiren ermöglichte, würde gewiss grossen Erfolg für die Beobachtungskunst bieten.

Einige Jahre früher hatte sich schon Prazmowski der Oscillationen eines Magnetstabes bedient, welche in bestimmter Distanz durch dasselbe Fernrohr abwechselnd von zwei Beobachtern beobachtet wurden, um die Fehler der Durchgänge zu ermitteln; denn die auf diese Weise erhaltenen persönlichen Gleichungen waren identisch mit denen, welche aus den Durchgängen der Sterne über den Meridian abgeleitet wurden. Er nahm sich also vor, zur Bestimmung der absoluten persönlichen Fehler die künstlichen Durchgänge anzuwenden, die mit einem electrischen Telegraphen-Apparat verglichen wurden.

„Indem man", sagt Prazmowski, „mittelst eines Fernrohres eine bewegliche Scheibe, die an ihrem Umfang irgend eine Marke, z. B. einen leuchtenden Punct besitzt, beobachtet, würde man sehr bequeme Durchgänge für künstliche Beobachtung erhalten.

Die Durchgänge würden dann in folgender Weise registrirt und controllirt. Die rotirende Scheibe würde für einen gegebenen Augenblick einen galvanischen Strom schliessen, durch den ein Punct auf einen beweglichen Papierstreifen markirt würde, während ein zweiter Apparat daneben Secunde für Secunde markirte. Die optische Axe des Fernrohres würde so gerichtet, dass der leuchtende Punct der rotirenden Scheibe genau in dem Augenblicke über dieselbe geht, wo letztere den Strom schloss und auf das Secundenpapier eine Marke

setzte. Der Beobachter seinerseits könnte dann mittelst einer unter seiner Hand befindlichen Taste einen zweiten Strom schliessen, der vom ersteren unabhängig ist. Der Zweck dieses zweiten Stromes wäre, im Augenblicke der Beobachtung auf den chronometrischen Papierstreifen einen zweiten Punct zu markiren, der mit dem von der Scheibe markirten übereinstimmen würde oder nicht, je nachdem der Beobachter bei der Beobachtung des Durchganges einen persönlichen Fehler gehabt hätte oder nicht. Die Zeitdifferenz zwischen diesen beiden Marken würde entschieden den persönlichen Fehler des Beobachters repräsentiren, und zwar würde dieser Fehler durch eine Registrirungsmethode erhalten worden sein, die uns vor den anderen Methoden den Vorzug zn haben scheint."

Um den Apparat zu reguliren, müsste man die beiden registrirenden Mechanismen mit einander verbinden: nämlich den, der mit der Scheibe in Verbindung steht, und den, der sich unter der Hand des Beobachters befindet. Wenn der Durchgang des Stromes in diesem Falle zwei gleichzeitige Pointirungen ergeben würde, so würde dies soviel bedeuten, dass die Widerstände für beide Apparate gleich wären. Wären sie dies nicht, so würde man für die Folge die gefundene Differenz in Rechnung setzen und mit dem geeigneten Vorzeichen an den persönlichen Fehler, der sich aus der Pointirung der getrennten Apparate ergäbe, in Rechnung bringen müssen. Lässt man dabei die Geschwindigkeit der rotirenden Scheibe variiren und entfernt oder nähert man diese dem Fernrohre, so könnte man das Gesetz studiren, welchem dieser folgt, je nach der Declination der Sterne, der Vergrösserung des Oculares etc.

Dieses Verfahren würde unmittelbar den persönlichen Fehler für Beobachtungen geben, die nach der americanischen Methode angestellt wären; aber nicht den Fehler, welcher der gewöhnlichen Beobachtungsmethode der Durchgänge entspricht. Um denselben für den letzteren Fall zu finden, schlägt Prazmowski vor, eine andere Pointirungsweise zu wählen, die auf den beweglichen Streifen die Secunden einer Pendeluhr markirte. Die von der Armatur des Electromagnets gegebenen scharfen Schläge würden vom Beobachter gehört und gezählt, wie man wirklich die Stösse hört, welche der Anker des Echappements gegen die Zähne des ihn treffenden Rades ausübt. Indem man den künstlichen Durchgang und die Secunden, welche der Apparat schlüge, beobachtete, würde man zu gleicher Zeit, wo dieser

Durchgang und diese Secunden automatisch auf den beweglichen Papierstreifen markirt würden, auch unmittelbar die physiologische Correction des Beobachters erhalten. Man könnte ferner auf diese Art alle Oscillationen des persönlichen Fehlers unter den verschiedensten Umständen studiren.

Von einem ganz anderen Gesichtspuncte aus hat Hartmann, Professor am Lyceum zu Rinteln das gleiche Problem im Jahre 1857 in Angriff genommen. Die Abhandlung, welche er über diesen Gegenstand veröffentlicht hat,[1]) beginnt mit einigen allgemeinen Betrachtungen über die wahrscheinliche Ursache der Personaldifferenzen. Der Verfasser spricht sodann vom Nutzen, den ein Apparat haben würde, „mit dem man einmal direct den persönlichen Fehler eines Beobachters bestimmen könnte und der gleichzeitig dazu dienen würde, wenig geübte Beobachter zu üben, indem er ihnen so zu sagen ihren Schätzungsfehler unter den Finger legte.“

Der Apparat, den Hartmann zu diesem Zwecke construirt hat, besteht aus einer Uhr, die Secunden schlägt und durch ein conisches Pendel regulirt wird. Die Secundenaxe steht mit einer Sirene in Verbindung, deren Ton erkennen lässt, ob die Rotation des Pendels gleichförmig bleibt. Diese Secundenaxe versetzt zu gleicher Zeit vermittelst eines Rades eine zweite Secundenaxe in Rotation, die einen Mantel trägt, auf den eine ganz leichte Scheibe von Cartonpapier befestigt ist. Diese Scheibe, deren Peripherie in 100 Theile getheilt ist, hat nahe am Rande ein Loch, das, wenn es über die Flamme einer Lampe weggeht, wie ein Lichtblitz erscheint, der in dem Augenblicke zum Vorschein kommt, wo der Nullpunct der Theilung an einem festen Index vorbeigeht. Wenn also z. B. der Index, während die Scheibe in Ruhe ist, bei 35 steht, so wird der Lichtblitz 35 hundertel Secunden nach dem Beginne der Rotation eintreten. Um in dem Augenblicke beginnen zu können, wo der Secundenschlag statthat, wirkt der Hammer, der eben die Secunde schlägt, auf eine Auslösungsvorrichtung, durch welche die Scheibe plötzlich mit der sie tragenden Secunden-Axe verbunden wird, so dass sie dann mit dieser Axe fortgeht; bis dahin wird sie in einer vom Index markirten Lage festgehalten. Dies geschieht dann ganz bequem, wenn man einen mit der Regulirung des Apparates betrauten Gehilfen hat.

---

1) Grunert's Archiv für Mathematik und Physik, 1858, vol. XXXI. Im Auszuge. Astron. Nachrichten vom 28. Aug. 1865.

Der Lichtblitz, der beim Durchgange des Loches in der Cartonscheibe beobachtet wurde, repräsentirt eine plötzlich eintretende Erscheinung. Um die Sterndurchgänge aufzunehmen, befestigt Hartmann an den Rand einer schwarzen Scheibe eine kleine Stahlperle, die seitlich erleuchtet wird und hinter einen weissen Faden geht, der als ein Radius der Scheibe aufgespannt ist. Man beobachtet theils mit freiem Auge, theils mit einem Fernrohre, das die Objecte zwei oder drei Mal verkleinert, theils mit Hilfe einer Camera obscura.

Die Unsicherheit dieser Beobachtungen hängt vorzüglich vom conischen Pendel ab, dessen Bewegung durch die Sirene controllirt wird; Hartmann glaubt, dass sie weniger als 3 Hundertel einer Secunde betrage.

Die von Hartmann erhaltenen Resultate sind sehr wichtig. Er hat constatirt, dass eine zum ersten Male angestellte Beobachtung viel fehlerhafter ist, als wenn sie schon mehrere Male in identischer Weise wiederholt wurde. Die Vergleichung beobachteter Momente mit den wahren Momenten bildet gleichsam die Ausbildung des Beobachters; am Ende wird er richtig beobachten und es ist ihm, wie wenn ihm ein Schleier von den Augen fiele.

Hartmann hat die Durchgänge in vierfacher Weise beobachtet:

1) indem er den Bruch der Secunde im Augenblicke des Durchganges schätzte;
2) indem er die Abstände vom Faden schätzte, welche den dem Durchgange vorausgehenden und nachfolgenden Schlägen entsprechen;
3) indem er die gleiche Schätzung vornahm, während der Stern über einen horizontalen Faden hinglitt;
4) indem er sie mit einer in Zehntel Secunden getheilten Horizontallinie vornahm, der entlang der Stern hinglitt.

Diese letztere Methode schien die besten Resultate zu geben. Allein sehr häufig schien der Stern, welcher einen Theilstrich im Momente eines Schlages hätte berühren sollen, noch um einen halben Theilstrich ($0^s,05$) entfernt zu sein und sogar einen Augenblick in dieser Lage zu verweilen; es scheint dies darauf hinzudeuten, dass man geneigt ist, den Moment des Schlages zu anticipiren und sich einen zu grossen Eindruck vom Gehör machen zu lassen.

Eine Reihe von Beobachtungen des Lichtblitzes, welche als Beispiel gegeben wurde, zeigt absolute Fehler zwischen $0^s,05$ im Voreilen

und $0^s,13$ im Zurückbleiben (das Mittel ist $0^s,033$ im Zurückbleiben). Bei einer anderen analogen Reihe schwankt der Fehler zwischen $-0^s,09$ und $+0^s,08$ (das Mittel ist $-0^s,004$ d. h. $0^s,00$ im Voreilen). Der mittlere Fehler beträgt etwa $0^s,05$.

Eine Beobachtungsreihe von Durchgängen, die nach dem unter 4) erwähnten Verfahren angestellt waren, ergab persönliche Fehler zwischen $-0^s,04$ und $-0^s,08$ (Mittel $+0^s,02$), allein überdies positive Fehler (Zurückbleiben); der mittlere Fehler ist hier $0^s,036$. Für die nach der gewöhnlichen, unter 2) erwähnten Methode angestellten Beobachtungen wäre der mittlere Fehler $0^o,06$ und selbst pro prima vista $0^s,09$ (bei Beobachtungen, die zum ersten Male angestellt waren und den Beobachter noch in Erstaunen setzten).

Hartmann schliesst aus seinen Versuchen, dass der persönliche Fehler verschieden bei verschiedenen Beobachtern und bei derselben Person von einem Tage zum andern und je nach der Zehntel Secunde, die sie beobachtet; er schliesst ferner, dass der Fehler theils von Unaufmerksamkeit, theils von mangelhaftem Schätzungsvermögen herrührt und dass er durch fortgesetzte Uebung mit einem dem beschriebenen ähnlichen Apparate auf ein Minimum zurückgeführt werden kann. Er schliesst mit dem Wunsche, dass andere Gelehrte, denen bedeutendere Mittel zur Verfügung ständen, sich entschliessen möchten, diese Versuche mit Apparaten zu wiederholen, die für electrische Registrirung eingerichtet wären.

(Fortsetzung im nächsten Hefte.)

Mittheilungen aus dem mathematisch-mechanischen Institute von F. W. Breithaupt in Cassel.

I.

Vorbemerkung des Herausgebers. Herr Friedr. Breithaupt hatte die Güte, mir in einem längeren Schreiben eine Zusammenstellung der Verbesserungen und eigenthümlichen Einrichtungen der Instrumente zu übersenden, welche aus dem rühmlichst bekannten Casseler Institute hervorgegangen sind. Ich entnehme aus diesem Schreiben für dieses Mal das Wichtigste von dem, was darin über Theodolithen enthalten ist. Herr Breithaupt beruft sich dabei vielfach auf das bekannte „Magazin von den neuesten gemeinnützigsten mathematischen Instrumenten von F. W. Breithaupt. II.—IV. Heft", so dass ich bei den folgenden Citaten mir die Abkürzung: „Magaz. Heft .. pag. . ." erlaubt habe. *Carl.*

Folgende eigenthümliche Einrichtungen und Verbesserungen wurden an den aus unserem Institute hervorgegangenen Theodolithen angewendet.

1. Um das Verbiegen der scheibenförmigen Kreise zu vermeiden, geben wir denselben eine Schalenform, wodurch bedeutend an Festigkeit gewonnen wird, ohne jedoch an Gewicht zu vermehren. Diese Construction erstreckt sich nur bis zu zehnzölligen Kreisen; diese sind dann mit Speichen versehen und der Limbus und die Nonien sind kranzförmig eingefasst, wodurch eine totale Abschliessung des Limbus und der Nonien gegen äussere Einwirkungen erzielt wurde.

2. Wurden von uns zuerst die Differentialschrauben zu Feinstellungen angewendet; im Magazin Heft II, pag. 8, Tafel II sind unsere verbesserten Klemmwerke nebst der Differentialschraube beschrieben und abgebildet.

3. Der Limbus und Nonius des Horizontalkreises wurde in eine dem Gesichte zugeneigte Ebene gelegt[1]), wodurch das Ablesen erleichtert wird. Abbildungen und Beschreibung im II. und IV. Hefte des Magazins.

---

1) D. h. der Limbus ist gegen die Horizontalebene des Kreises geneigt abgedreht. Carl.

4. Die Kreise erhielten eine Verdeckung, um die Theilungen vor Beschädigungen zu schützen; an der Stelle der Nonien sind zwei Stücke ausgebrochen. Da die Verdeckung an der Alhidade befestigt ist, so reichen jene Oeffnungen zu allen Beobachtungen mittelst der Nonien für den ganzen Kreis vollständig aus. Bei grösseren Kreisen und respective vier Nonien sind selbstverständlich auch vier Oeffnungen in der Verdeckung angebracht. (Magazin Heft IV, Taf. I.)

5. Wurden letztbesprochene Oeffnungen mit einem geschliffenen Glase mittelst Rahmen zugedeckt, wodurch die Eintheilung stets vor Staub und Feuchtigkeit geschützt ist; zu demselben Zwecke greift die Alhidade mit ihrem Rande über den des Kreises, so dass auch hier kein Staub etc. eindringen kann. (Magaz. Heft II, Tafel II, Fig. 2 und 5.)

6. Die Nonien der Horizontalkreise sind mittelst Schrauben befestigt und können, wenn sich nach langjährigem Gebrauche die Axe mit der Alhidade tiefer setzt, mittelst Justirschrauben mit dem Limbus in eine Höhe gebracht werden. (Magaz. Heft II, pag. 7, Taf. II, Fig. 2.)

7. Wurden die Stellschrauben mit Kugeln versehen, welche in der Kugelhöhlung einer Scheibe, die auf dem Stativkopf liegt, befestigt ist, wodurch man nicht mehr an drei bestimmte Puncte auf dem Stativkopfe gebunden ist. Dies wurde noch vereinfacht: Die Kugel schraubt sich in die Stellschraube und der Grad der ausgehöhlten Scheibe wird umgedrückt, so dass Kugel und Scheibe nicht wieder auseinandernehmbar sind, jedoch bewegt sich die Kugel in der Scheibe. Durch das Gewicht des Instrumentes und die Grösse der Auflagefläche im Verhältniss zur Reibfläche der Kugel kann beim Drehen der Stellschraube die Scheibe um ihren Mittelpunct nie auf dem Stativkopfe drehbar werden. Für grössere Instrumente werden Stahlspitzen beigegeben, welche sich, nachdem die Kugel sammt Platte aus der Stellschraube herausgeschraubt ist, statt deren einschrauben lassen. Durch solche Nussplatten an den Stellschrauben wurde es möglich, das Instrument auf dem Stative zu verschieben, um so einen Punct auf der Erde bequemer einlothen zu können.

8. Das Stativ erhielt mehrere wesentliche Verbesserungen. Die Beine wurden am Kopf tiefer eingelassen und im Ganzen stärker ausgeführt, wodurch sie bedeutend mehr Festigkeit erhalten haben. Die Muttern, welche auf dem Reichenbach'schen Stative vorstehen, wurden in den dickeren Kopf versenkt, wodurch das Instrument an jede Stelle des Stativskopfes hingeschoben werden kann. (Magaz. Heft II pag. 12 u. 13.)

9. Wurde die Schraubenstange zum Befestigen des Dreifusses mit einem Gewinde statt mit einem Hacken versehen, welches sich an den Dreifuss schraubt (Magaz. Heft III pag. 13 Taf. II Fig. 2). Hierdurch sind keine Einlothfehler möglich, weil die Schraubenstange immer rechtwinklig zum Horizontalkreis bleibt; ausserdem ist das Herabfallen des Instruments vom Stative durchaus unmöglich, bei der älteren Einrichtung war hingegen das Instrument nicht immer sicher (Magaz. Heft III pag. 13. Heft IV pag. 5).

10. Wurde für den Eisenbahnbau an den Stativen ein Bein verschiebbar gemacht, um dasselbe an Abhängen, Felsenvorsprüngen etc. sicher aufstellen zu können (Magaz. Heft IV Taf. I Fig. 4).

11. Wurden für Theodolithen längere, stärkere Fernrohre angewendet und alle zum Durchschlagen eingerichtet (dieses hatte übrigens schon Rössler in Darmstadt an einigen Theodolithen angewendet). Hiedurch bekommt man das Instrument in zwei Lagen, wodurch die Fehler compensirt werden, indem man aus beiden Beobachtungen das Mittel nimmt.

12. Wurde die auf dem Fernrohre des Theodolithen angebrachte Cylinderlibelle, welche den Zweck hat, um damit nivelliren zu können, in beiden Lagen des Fernrohres zum Auf- und Umsetzen eingerichtet (Magaz. Heft III pag. 21).

13. Eine neue Justirschraube wurde verbunden, welche vielfach angewendet wurde, in Figur 5 Taf. XXII dargestellt ist. In dieser Figur ist *a* der Träger einer Horizontalaxe, *b* das justirbare Lager, dessen Mittelkörper durchbrochen ist; durch dasselbe schraubt sich die Justirschraube *c*, mit welcher man das Lager, also auch die Axe heben und senken kann. Die dicke Schraube *c* ist durchbohrt und die Zugschraube *d* wird durchgesteckt, welche im Träger *a* ihr Gewinde hat.

Eine andere Justirschraube mit Kugelbewegung, um etwaige Spannung zu verhindern, ist im Magaz. Heft III pag. 10 beschrieben.

14. Die Ringklemme ist der Art construirt, dass statt eines einseitigen Druckes die Axe von zwei diametral gegenüberstehenden Cylindern gehalten wird, mithin eine grössere Festigkeit erzielt und die Axe von der nur einseitigen Einwirkung befreit ist. In Figur 6 Taf. XXII, welche diese Vorrichtung darstellt, ist *A* die Axe, *B* die Büchse, *C* der Klemmring, *dd* sind die Druckstöpsel, welche durch Anziehen der Schraube *E* gegen die Axe gedrückt werden.

Polarisationsprisma.

Von

Hartnack & Prazmowski.

Die Herren Hartnack & Prazmowski haben der Pariser Academie der Wissenschaften in der Sitzung vom 15. Januar durch Herrn Regnault folgende Note übergeben lassen.

Das Nicol'sche Prisma, der vorzüglichste und am meisten gebrauchte polarisirende Apparat, leidet doch an einigen nicht unbedeutenden Missständen:

1) Der Eintritt und Austritt der Lichtstrahlen hat sehr schief gegen die Eintritts- und Austritts-Ebene statt. Die geringsten Fehler in der Ausführung, welche bei der Bearbeitung einer so subtilen Substanz wie der isländische Doppelspath unvermeidlich sind, machen sich durch unregelmässige Brechungen bedeutend merklich, wenn die Incidenzen unter etwas beträchtlichen Winkeln stattfinden. Jedesmal, wenn die Lichtstrahlen nach ihrem Durchgange durch das Prisma ein Bild — sei dies ein reelles oder virtuelles — zeigen sollen, ist dasselbe verwirrt und schlecht begrenzt. Gleichzeitig ist dabei die Reflexion der Strahlen bei schiefer Incidenz sehr beträchtlich und schwächt die Quantität der durchgelassenen Strahlen bedeutend.

2) Die Länge des Prismas, die der Projection der grossen Diagonale auf die Richtung der Strahlen gleich ist, ist sehr bedeutend und verhindert oder erschwert wenigstens häufig seine Anwendung bei den Apparaten.

3) Das Gesichtsfeld von 22^0—23^0 ist nicht gross genug.

Indem wir nun den Gang der durch die doppelte Brechung in einem Doppelspathcrystalle getrennten Lichtstrahlen studirten, gelang es uns, diesem Apparate eine weit bequemere Form zu geben, ihn zu

verkürzen und ein Gesichtsfeld von 35° zu erhalten, während gleichzeitig die Eintritts- und Austrittsflächen normal gegen die Richtung der Lichtstrahlen werden.

Um diesen Zweck zu erreichen, musste die Schnittfläche des Crystalles eine andere Richtung als bei dem Nicol'schen Prisma erhalten, und es musste zugleich eine Substanz zum Verkitten gesucht werden, welche ein ausgedehnteres Gesichtsfeld ermöglicht als der allgemein angewendete Canadabalsam.

Die zwei getrennten Strahlen schliessen nämlich beim Durchgange durch ein Nicol'sches Prisma einen sehr kleinen Winkel mit der Hauptaxe des Crystalles ein und treffen auf die Balsamschicht mit wenig von einander verschiedenen Geschwindigkeiten, wenn man diese mit der Geschwindigkeit gegen die zur Axe senkrechte Ebene vergleicht. Blos der ordentlich gebrochene Strahl erleidet eine totale Reflexion auf geringe Ausdehnung, wodurch das Gesichtsfeld sehr verringert wird.

Stellt man sich als wesentliche Bedingung, dass die Richtung der Strahlen beim Eintritte und Austritte normal sei, so ist der vortheilhafteste Schnitt des Crystalles der senkrecht gegen die Axe; es wird dadurch zugleich ein ausgedehnteres Gesichtsfeld erhalten, welches bei bestimmten verkittenden Substanzen bis zu 35° gehen kann. Hat man auf diese Weise die Schnittfläche erhalten, so richtet man die Eintritts- und Austrittsflächen zu, die mit der Schnittebene Winkel einschliessen, welche eine Function des Brechungsindex der verkittenden Substanz sind. Folgende Tabelle gibt die Winkel an, welche man je nach der Natur der verkittenden Substanz der Eintritts- und Austrittsflächen gegen die Schnittebene ertheilen muss, um ein gleichmässig gegen die Axe des Prismas vertheiltes Gesichtsfeld zu erhalten.

Verkittende Substanz	Brechungsindex	Winkel der Eintritts- und Austrittsfläche gegen die Schnittebene	Länge des Prismas centim.	Grösse des Gesichtsfeldes
Canadabalsam	1,549	79,0°	5,2	33°
Copasubalsam	1,500	76,5	3,7	35
Leinöl	1,485	73,5	3,4	35
Mohnöl	1,473	71,0	3,0	28

Man sieht hieraus, dass es für die Ausdehnung des Gesichtsfeldes vortheilhaft ist, sich einer verkittenden Substanz zu bedienen, deren

Brechungsindex sich so viel als möglich dem ausserordentlichen Brechungsindex nähert. Mit der letzten der angeführten Substanzen erhält man zwar ein noch kürzeres Prisma, allein das Gesichtsfeld ist nicht mehr so gross.

Das Prisma, das wir der Academie vorzulegen uns erlauben, ist mit Leinöl verkittet, welches für diesen Zweck hinlänglich rasch vertrocknet, wenn man einige Vorsichtsmaassregeln anwendet, welche uns die Praxis an die Hand gegeben hat.

(Les Mondes 1866, Nr. 1.)

Ueber das Jelett'sche Polarisations-Instrument.

Von

C. Tichborne.

(Dingler, Polytechnisches Journal 1865, 2. Octoberheft.)

Dieses Instrument, welches auf der Dubliner internationalen Ausstellung von Spencer in Dublin ausgestellt war, ist zuerst in den Transactions of the Royal Irish Academy beschrieben worden und soll grössere Genauigkeit als das Soleil'sche gewähren. Nach dem Erfinder soll der mögliche Irrthum beim Bestimmen des Gehaltes einer Zuckerlösung weniger als einen halben Grain per Kubikzoll betragen (1 englischer Kubikzoll Wasser wiegt 277 Grains.)

Figur 4 Tafel XXXVII stellt das neue Polarisations-Instrument dar. *a*, *a* ist eine kurze Röhre mit zwei grossen Linsen zum Concentriren des Lichtes einer dem Focus der äusseren Linse möglichst nahe gestellten Lampe. *b*, *b*, *c*, *c* ist eine kurze Röhre, welche an einem Ende eine Linse *c*, *c*, am andern ein Diaphragma *b*, *b* mit einem kleinen Loche in der Mitte trägt. Dieses Loch befindet sich im Brennpunct der Linse *c*, *c* und, wenn das Instrument eingestellt ist, auch in dem Hauptbrennpuncte der oberen Linse *a*. Durch diese Anordnung wird ein Lichtstrahl erhalten, welcher von *c*, *c* ausgeht und der Axe der Röhren parallel ist. Derselbe wird durch ein Nicol'sches Prisma in der Röhre *d*, *d* polarisirt. *e*, *e* ist ein Gefäss, dessen unterer Boden eine mit einem Planglas geschlossene Oeffnung hat. Es enthält eine Flüssigkeit, welche das umgekehrte Drehungsvermögen von der zu untersuchenden Flüssigkeit hat. Diese letztere Flüssigkeit ist in der auf den Trägern *y*, *y* liegenden Röhre *f*, *f* enthalten. Die Träger sind an den Schieber *v*, *v* befestigt, welcher zugleich einen der Scala *s*, *s* entsprechenden Nonius führt; diese Scala *s*, *s* ist an der alle Theile des Instrumentes tragenden Schiene *z*, *z* angebracht und der Schieber *v*, *v* kann an *z z*, hingleiten, welche Bewegung durch eine Kette bewirkt wird, deren

beide Enden an *z*, *z* befestigt sind und die um eine Axe mit gerändeltem Knopfe am Schieber *v* herumgeht. Hierdurch kann man der Röhre *f*, *f* eine Bewegung in der Richtung ihrer Axe ertheilen, und eine einfache Einrichtung bewirkt, dass der Nullpunct des Nonius mit demjenigen der Scala zusammentrifft, wenn das Ende *f* der Röhre oben an den Glasverschluss des Gefässes *e*, *e* trifft. Die Zahlen der Scala, welche so graduirt ist, dass man noch 0,001 Zoll ablesen kann, geben also die Länge derjenigen Flüssigkeitssäule *E*, *F* (Fig. 5 Taf. XXXVII) an, welche sich zwischen dem Ende der Röhre und dem Boden des Gefässes befindet.

g, *g* ist ein analysirendes Prisma nach Prof. Jelett's Construction (Proceedings of the Royal Irish Academy, vol. II., p. 348). *h*, *h* ist eine Linse, und *l* ein Diaphragma mit engem Loche, vor welchem sich das Auge des Beobachters befindet.

Das polarisirende und das analysirende Prisma werden an ihrer Stelle durch kleine Schrauben σ, σ' festgehalten, welche beide durch einen Querschlitz in der äusseren Röhre gehen, so dass ein theilweises Lösen dieser Schrauben dem Prisma eine kleine Drehung um die Achse der Röhre gestattet. Beim Gebrauche des Instrumentes wird das polarisirende Prisma in irgend eine Stellung gebracht, und das analysirende Prisma sorgfältig so eingestellt, dass, wenn keine Flüssigkeit eingeschaltet worden, die beiden Hälften des kreisförmigen Spectrums genau gleich sind.

Soll nun z. B. die Stärke einer Zuckerlösung bestimmt werden, so nimmt man für das Gefäss *E*, *F* französisches Terpentinöl, wovon man eine grosse Menge einfüllt; dann bringt man in die Röhre *f*, *f* eine Zuckerlösung von genau bekanntem Gehalte, legt diese Röhre auf ihre Unterlage und stellt den Nonius auf Null ein. Hierauf dreht man an dem Knopf und zieht dadurch die Röhre mit der Zuckerlösung so weit zurück, bis die Farben der beiden Hälften des kreisförmigen Bildes, durch *e* gesehen, genau gleich sind und notirt nun die mittelst des Nonius abgelesene Zahl. Es sei *R* diese Zahl und *S* der Gehalt der Lösung.

Nun entfernt man letztere aus der Röhre, füllt diese mit der zu untersuchenden Lösung und stellt die gleiche Beobachtung an; es sei R' die abgelesene Zahl, dann ist

$$S' = \frac{R'}{R} S$$

der gesuchte Zuckergehalt der fraglichen Auflösung. Ist der Versuch

sorgfältig ausgeführt und findet kein Irrthum in dem Gehalte der Vergleichslösung statt, so darf diese Bestimmung nicht über 0,02 Grains per Kubikzoll ungenau sein. Nimmt man das Mittel mehrerer Beobachtungen, so ist der Fehler noch geringer.

Es ist nicht zweckmässig, eine sehr starke Lösung zur Untersuchung zu wählen, obwohl sich in dieser Beziehung keine allgemeine Regel aufstellen lässt. Wenn das Biot'sche Gesetz streng richtig ist, dass die Grösse der Drehung, welche dieselbe Substanz auf die Polarisationsebene der verschiedenen einfachen Strahlen bewirkt, proportional dem Quadrat der entsprechenden Exponenten ist, so kann die anzuwendende Lösung um so stärker sein, je weniger verschieden die Exponenten der zu untersuchenden und der compensirenden Flüssigkeit sind. Ist die erstere eine Zuckerlösung und die letztere Terpentinöl, so kann man ohne Nachtheil eine Lösung anwenden, welche in jedem Kubikzoll 30 Grains Zucker enthält.

Dieses Polarisationsinstrument ist vielfacher Anwendung fähig. So hat z. B. der Berichterstatter dasselbe zur Untersuchung von Terpentinöl angewendet. Französisches und amerikanisches Terpentinöl haben nämlich entgegengesetztes Rotationsvermögen, während die Ersatzmittel dafür, nämlich die Producte aus amerikanischen Erdölen, ganz unwirksam auf den polarisirten Lichtstrahl sind; man kann daher nicht allein eine qualitative, sondern selbst eine quantitative Untersuchung ausführen.

Neuer Regenmesser von Barral.

(Bulletin international de l'Observatoire Impérial de Paris. Février 1865. 10. 11.)

Hiezu Figur 5 Tafel XXXV.

Das Udometer auf der Plattform des Observatoriums hat eine Oberfläche von ein Quadrameter und es bildet also eine Wasserhöhe von einem Millimeter gerade ein Kilogramm. Diese Quantität reicht hin, um eine gute Analyse[1]) auszuführen und auch die ganze herabgefallene Regenmenge mittelst Wägungen mit einer Genauigkeit von 0,01 Millimeter (nahe 10 Gramm) zu bestimmen. Ich habe nun eine Vorrichtung erdacht, bei welcher unter den Trichter des Udometers eine umgebogene Fortleitungsröhre gebracht wird, deren Mündung nach jeder Stunde über der Oeffnung einer anderen Flasche, deren 24 in einem Kreise aufgestellt sind, der Reihe nach zu stehen kommt. Die Bewegung der Fortleitungsröhre wird mittelst einer Uhr bewerkstelligt, so dass sie am Ende einer jeden Stunde von einer Flasche zur nächstfolgenden kommt.

Nach den Erkundigungen, welche ich bei Herrn Paul Garnier eingezogen habe, würde die Ausgabe für die Einrichtung des mechanischen Theiles dieses Apparates auf 550 bis 600 Franken sich belaufen. Ausserdem wäre noch eine Hütte von 2,85 Meter Seite und 2,5 Meter Höhe zu errichten, um den bisherigen Behälter des Udometers der Academie aufnehmen zu können. Würde diese Hütte von Eichenholz ausgeführt, so würde sie etwa 750 Franken kosten; ihr Preis würde sich auf 500 Franken reduciren, wenn sie von Tannenholz gemacht würde.

Ausserdem dass dieses neue Udometer die Mittel bieten würde, die chemische Frage in allen ihren Details zu lösen, würde noch der Vortheil erzielt, dass man stündlich die Quantität des gefallenen Regens messen und die meteorologischen Variationen studiren könnte,

1) Zur Ermittelung der chemischen Zusammensetzung des Regenwassers.
Carl.

während man bisher blos die Quantität der Regenmenge nach je 24 Stunden bestimmte. Im Winter würden zwei im Innern der Hütte angezündete Lampen das Gefrieren des Wassers verhindern und das alsbaldige Schmelzen des Schnee's herbeiführen, während bisher alle Udometrischen Beobachtungen in Bezug auf das Schneewasser ungenau waren.

Um die Beobachtungen aufzuzeichnen, würde es hinreichen, jeden Tag um 9 Uhr Morgens die Wägungen der nach den 24 Stunden bezeichneten Flaschen vorzunehmen. Sodann leert man die aufgefangenen Wasser in andere Flaschen aus, um damit die chemische Analyse vornehmen zu können. Im Observatorium müsste ausserdem eine Räumlichkeit zur Aufnahme der Wage, der Flaschen und anderer nothwendiger Utensilien eingerichtet werden.

Kleinere Mittheilungen.

Ueber ein Hilfsmittel, die Fehler der Bussolenangaben zu vermeiden, welche ihren Grund in der Einwirkung des Schiffseisens haben.

Von

Faye.

(Compte rendu des Séances de l'Académie des Sciences. 14 aout 1865.)

Herr Faye hat, veranlasst durch die Schwierigkeiten, den Einfluss des Schiffseisens auf die Bestimmung der magnetischen Declination genau zu ermitteln, folgendes Hilfsmittel zur gänzlichen Vermeidung dieses Einflusses vorgeschlagen.

Es handelt sich ganz einfach darum, an die Stelle der Logplatte ein hinlänglich langes Bälkchen zu setzen, das mit einem Bleigewicht belastet ist und in seiner Mitte eine Bussole trägt, die wie gewöhnlich aufgehängt, aber ganz hermetisch verschlossen ist. Anstatt dann das Log blos zu dem alleinigen Zweck auszuwerfen, um die Geschwindigkeit des Schiffes zu bestimmen, würde man es nun auswerfen, um zugleich die Geschwindigkeit und die Richtung zu erhalten. In Bezug auf den ersteren Punct würde man das neue Logholz so werfen müssen, dass es sich senkrecht zum Kielwasser des Schiffes stellte, und zwar mittelst eines Systems von Schnüren, die an den beiden Enden befestigt und in geringer Entfernung davon durch ein Häkchen vereinigt wären. Will man den zweiten Theil der Operation ausführen, so lässt man diesen Stift fallen, indem man mit der Schnur einen Zug ausübt; allein anstatt das Log wieder heraufzuziehen, wird man in der folgenden Weise vorgehen müssen. Man wird nachlassen, am Faden zu ziehen, und diesen am Fahrzeug befestigen. Dann wird das Log, da es gezwungen ist, den Weg zu verfolgen, sich in seiner Richtung orientiren und zwar ausserhalb der Tragweite der störenden Kraft (des Schiffseisens). Würde man in diesem Momente die Nadel der auf dem Log befindlichen Bussole in gleicher Weise wie bei dem Feldmessercompass durch einen innen befindlichen Hebel arretiren, so hätte man

nur nöthig, den Apparat an Bord zu ziehen, um sogleich den Winkel abzulesen, welchen die (nicht gestörte) Magnetnadel mit der Richtung des Logs, d. h. mit der wahren Richtung des Schiffes einschliesst. Faye glaubt, dass man dies bewerkstelligen kann durch eine einfache Wiederholung der starken Bewegung, welche dazu dient, den Haken des gewöhnlichen Loges fallen zu lassen, denn es würde hinreichen, mit der Schnur, welche das Schiff zieht, einen zweiten Faden zu verbinden, dessen Ende durch einen Druck auf den Hebel der Nadel wirken würde; dieser Hebel würde dann sich plötzlich heben und so die Nadel an die obere Wand der Büchse drücken, ohne ihre Richtung zu stören.

Neues Hygrometer von Engard und Philippon.

Herr Babinet gibt in den Comptes rendus der Pariser Academie vom 10. April 1865 über dieses Instrument die folgende Notiz:

Dieses Hygrometer besteht aus einem Streifen von Elfenbein, der senkrecht zur Axe des Zahnes genommen und spiralförmig zugeschnitten ist. Die Verfertiger scheinen ihr Instrument nicht mit anderen Hygrometern und mit der Wirkung der Feuchtigkeit bei gesättigter Luft verglichen zu haben. Das Instrument ist sehr empfindlich, seine Masse ist übrigens sehr gross; doch könnte man diese leicht vermindern. Die charakteristische Eigenthümlichkeit dieses neuen Hygrometers besteht darin, dass die Elfenbeinspirale sich kreisförmig ausdehnt und zusammenzieht. Das Instrument verdient übrigens, für genaue Bestimmungen näher studirt zu werden; beim Transporte geräth es jedoch leicht in Unordnung.

Deleuil. Neue Luftpumpe mit freiem Kolben.

(Annales de Chimie et de Physique Juni 1865.)

Die Deleuil'sche Luftpumpe, von welcher die Figur 2 Taf. XVIII eine Vorstellung gibt, beruht auf dem Umstande, dass die Gase in Räumen mit capillarem Querschnitte ungemein schwierig circuliren.

Die Luftpumpe besteht aus einem cylindrischen Stiefel von Crystallglas oder geschmolzenem Glase; in diesem befindet sich der metallische Kolben, dessen Länge stets doppelt so gross als sein Durchmesser sein muss; dieser Durchmesser darf höchstens $^1/_{20}$ Millimeter kleiner sein

als der des cylindrischen Stiefels. Der Kolben ist an seiner Oberfläche mit kleinen Rinnen versehen, die um je einen Centimeter von einander abstehen. Die Stopfbüchsen, welche dazu dienen, die Kolbenstange zu führen, sind nach dem gleichen Principe construirt, so dass man nie nöthig hat, Oel in dieselben einzuführen.

Die Vortheile, welche durch diese Einrichtung erzielt werden sollen, sind folgende:

Da keine Reibung stattfindet, so wird die Abnützung des Cylinders und des Kolbens, sowie der Widerstand vermieden, den der letztere durch die Reibung erfährt, ferner kann keine Verletzung oder Verunreinigung der überhaupt nicht vorhandenen Ventile eintreten. Da überdies der Kolben doppeltwirkend ist, so lässt sich das Vacuum ohne Kraftaufwand herstellen, und die Bewegung wird immer leichter, denn man arbeitet mit einer Luft, die in dem Maasse weniger dicht wird als man längere Zeit operirt. [1])

Schwefel für Electrisirmaschinen.

Pogg. Ann. Bd. 124. pag. 512. — Compt. rend. T. LX. pag. 240.

„Bekanntlich hat Ch. Sainte-Claire Deville gefunden, dass der Schwefel, wenn man ihn mehrmals schmilzt und plötzlich erkaltet, sich in rothen Schwefel verwandelt. Richer hat nun ausserdem bemerkt, dass, wenn man Schwefel, der solchergestalt mehrmals unter besonderen Erkaltungs-Umständen krystallisirte, ausgiesst, er eine Art Härtung annimmt und zu bewahren scheint. Richer konnte davon Platten oder Scheiben von 2 bis 3 Centimeter Dicke und mehr als 1 Meter Durchmesser darstellen. Sie besitzen eine gewisse Zähigkeit und sind etwas zerbrechlicher als Glas. Da sie nicht viel kosten und nicht hygroskopisch sind, so können sie mit Vortheil zur Construction von Electrisirmaschinen angewendet werden. Mehrere dieser Maschinen sind vor länger als einem Jahre construirt und functioniren sehr regelmässig.“ Poggendorff bemerkt zu dieser Notiz, dass schon Otto v. Gnericke Electricität mittelst einer rotirenden Schwefelkugel erregte. (Experimenta nova Magdeburgica pag. 147.)

---

1) Der Herausgeber hat Gelegenheit gehabt, bei Herrn Deleuil in Paris sich von der vorzüglichen Construction und Wirkung dieser Luftpumpe durch den Augenschein zu überzeugen. In den Fällen, wo es sich weniger um die Herstellung sehr starker Verdünnung als um die Erhaltung eines grossen luftverdünnten Raumes handelt, lassen sich die Deleuil'schen Luftpumpen gewiss sehr empfehlen.



Eine merkwürdige Beobachtung an der Electrisirmaschine.

Von

O. Hempel.

(Bulletin international de l'Observatoire imperial de Paris, 11 Jan. 1866.)

O. Hempel in Paris, Verfertiger von Electrisirmaschinen neuer Construction und von grosser Leistungsfähigkeit, hat eine bemerkenswerthe Wahrnehmung hinsichtlich der Leitungsfähigkeit der Gase gemacht. Eine in Thätigkeit versetzte Maschine gab starke Funken; wenn man aber ein Gefäss mit Salpetersäure und Kupferdrehspänen unter den Raum zwischen dem Conductor und dem Funkenzieher aufstellte, so hörten die Funken auf und die Maschine verlor ihre ganze Spannung, so lange der röthliche Dampf in dem Raume, in welchem der Funken überschlug, emporstieg. Die Spannung zeigte sich sogleich wieder, wenn die rothe Wolke durch zuströmende Luft zerstreut war.

Dieses merkwürdige Experiment kann leicht wiederholt werden. Es gelingt übrigens nur in trockener Luft; feuchte Luft erlangt nicht so rasch ihr Isolationsvermögen wieder.

Bibliographie.

Pisko. Die neueren Apparate der Akustik. Wien, Gerold's Sohn 1865.

Dieses empfehlenswerthe Werk enthält eine sehr vollständige Zusammenstellung der von Helmholtz, Melde, Duhamel, Wertheim, Desains und Anderen bei ihren Forschungen gebrauchten, sowie namentlich der vortrefflichen, von König in Paris construirten akustischen Apparate. Mit der Beschreibung dieser Apparate ist zugleich eine Uebersicht der damit angestellten Versuche und der hieraus abgeleiteten Resultate in sehr zweckmässiger und instructiver Weise verbunden.

Christoph Trunk. Die Planimeter, deren Theorie, Praxis und Geschichte. Halle, Schmidt 1865.

Der Herr Verfasser gibt im ersten Theile seines Werkes eine elementare Theorie der Planimeter, welche in der unter seiner Leitung stehenden Planimeterfabrik zu Eisenach verfertigt werden. Der zweite Theil enthält die detaillirte Beschreibung von Trunk's Planimeter, sowie den Gebrauch des Instrumentes. Im dritten Theile endlich ist eine historische Uebersicht der bereits bekannten Einrichtungen von Planimetern gegeben.

Dr. Carl Braun. Das Passagen-Micrometer. Apparat zur genaueren Bestimmung der Zeit von Sterndurchgängen, der Rectascensionen der Gestirne und der geographischen Länge. Das Nephoscop, Instrument zur Bestimmung der Richtung und Geschwindigkeit des Windes in höheren Regionen, nebst einem Anhange über einige militärische Erfindungen. Leipzig, Otto Wigand 1865.

Ueber den ersten Theil dieser Schrift findet sich bereits in der Radau'schen Abhandlung über Personalgleichungen pag. 313 Näheres. Das zweite Instrument, das Nephoscop, beschreibt der Herr Verfasser selbst, wie folgt:

Die Bestimmung der Richtung und Stärke des Windes ist einer der wichtigsten Factoren für meteorologische Studien. Dabei ist der in höheren oder mittleren Regionen wehende Wind wichtiger als der unmittelbar auf der Erdoberfläche herrschende; denn dieser ist grossentheils von speciellen Ortsbeschaffenheiten abhängig, welche somit den regelmässigen Verlauf des Windes, wie er aus allgemeineren meteorologischen Gesetzen folgen sollte, stören. Die Ermittlung der Windesrichtung in höheren Regionen hat aber manche Schwierigkeiten; denn man hat eigentlich keine schärfere Methode, als aufwärtsschauend den Verlauf der Wolken in Bezug auf nahestehende hohe Gebäude zu beobachten. Dies schliesst aber fürs erste eine sehr empfindliche Unbequemlichkeit der Körperstellung in sich, zweitens ist diese Methode ganz unbrauchbar, wenn nicht ein hohes Gebäude in der Nähe ist, und drittens ist sie nur anwendbar, wenn Wolken in der Nähe des Zenithes ziehen und selbst, wenn Alles günstig ist, wird das Resultat nur einen sehr geringen Grad von Genauigkeit besitzen. Allen diesen Uebelständen überhebt ein Instrument, das man vielleicht passend Nephoscop nennen könnte. Nur für den Fall, dass gar keine Wolken am Himmel sind, oder dass man gar keine fixirbaren Puncte daran finden könnte, reicht es nicht aus; dann wird es aber überhaupt kein Mittel zu diesem Zwecke geben. Uebrigens ist es sehr selten, dass nicht bis auf eine Distanz von 75° vom Zenith irgend einmal des Tages ein Wölkchen stehe, während es sehr oft eintritt, dass in der Nähe des Zeniths ganz heiterer Himmel ist. Ist das Instrumentchen überhaupt anwendbar, so gibt es die Richtung des Wolkenzuges mit grosser Schärfe an und zwar ganz ohne Rücksicht auf Azimuth, Höhe und Richtung der Wolken und ohne irgend welche Rechnung zu erheischen. Zudem lässt es sich recht wohl so herrichten, dass es auch ein scharfes Maass für die Geschwindigkeit der Wolken liefern kann.

Das neue Instrument zur Bestimmung der Richtung der Wolken und annähernd auch der Geschwindigkeit besteht aus einem kleinen Brettchen *A* etwa $6^1/_2''$ lang, 4″ breit (v. Fig. 6 Taf. XXXVII), welches am rechten Ende eine schräge Stütze *C* und daran durch zwei verstellbare Arme *D* und *E* (zusammen wenigstens $2-2^1/_2'$ lang) das Knöpfchen *F* (etwa ein Schrotkörnchen) trägt, das sich auf diese Weise beliebig stellen lässt, ohne die Ebene des mittleren verticalen Längsschnittes von *A* zu verlassen. Am linken Ende trägt *A* die gerade Stütze *G* und daran die mit der Längsrichtung von *A* parallele Leiste *H*. Längs dieser

ist verschiebbar ein sie zum Theil umschlingendes Blech *J*. Dessen Ebene ist mit *A* parallel und hat eine kreisförmige Oeffnung von etwa 2″ 5‴ Durchmesser, deren Centrum über dem mittlern Längsschnitt von *A* liegt. Auf dem Rande dieser Oeffnung ferner liegt ein zweites ringförmiges Blech *K* von gleich grosser innerer Oeffnung. An demselben jedoch sitzen 1) vier kleine um den Rand der unteren Oeffnung gebogene Blechstreifchen, so dass sich *K* concentrisch in der unteren Oeffnung umdrehen lässt; und 2) zwei Stückchen *L*, die als Handhaben dienen, um *K* bequem umdrehen zu können. Der Ring *K* trägt ein Fadenkreuz, dessen Kreuzungspunct genau im Centrum der unteren Oeffnung (von *J*) liegt, so dass durch Drehung von *K* der Kreuzungspunct nicht verrückt wird. *N* ist eine Bussole mit einer Windrose, die von der Magnetnadel beständig in der richtigen Lage erhalten wird. *M* ist ein auf *A* aufliegender Spiegel. *B* ist ein zweites Brettchen, welches mit *A* durch eine Schraube im Centrum verbunden ist, so dass *A* auf *B* mit einiger Reibung herumgedreht werden kann. Soll nun eine Beobachtung angestellt werden, so schaut man durch den Ring *K* von oben in den Spiegel, bis man an einer beliebigen Stelle einen fixirbaren Punct einer Wolke findet, stellt dann das Knöpfchen *F* und auch das Blech *J* so, dass der Kreuzungspunct der Fäden, das Knöpfchen *F* und der fixirte Punct der Wolke in einer Richtung erscheinen. Dies ist nicht schwer und wird durch Verschieben von J, Verstellen von *D* und *E* und Drehen von *A* auf *B* schnell erreicht. Alsdann lässt man das Instrument unbewegt, verfolgt aber mit dem Auge den Lauf der Wolke so, dass das Knöpfchen *F* beständig vor dem fixirten Puncte erscheint. Nach einigen Secunden kommt man dadurch schon mit der Sehlinie in die Nähe des Randes der Oeffnung. Man stellt dann den Ring *K* so, dass man auch einen Faden in der Sehlinie hat. Dieser Faden gibt die Richtung der Wolke an. Man schaut dann durch die Oeffnung auf die darunter befindliche Windrose, so dass der betreffende Faden durch deren Centrum geht, und sieht sogleich die Richtung des Windes. Das Ende des Fadens, nach welchem hin sich das Auge bewegt, gibt die Weltgegend an, aus welcher der Wind kommt. Sollte man eine genauere Beobachtung wünschen, so müssten in *B* Stellschrauben und über *A* ein Loth oder eine Dosenlibelle angebracht werden. Allein das Augenmaass genügt vollkommen. So zeigten Versuche, die mit Wolken in ganz verschiedenen Azimuthen und mit nur 15—20° Höhe über dem Horizont gemacht wurden, für

sämmtliche Puncte Wolkenrichtungen an, die von ihrem Mittel höchstens 7—8⁰ abwichen. Ist aber die Höhe der Wolke grösser, so wird die Beobachtung noch sicherer.

Die geometrische Begründung des Apparates liegt darin, dass der Knopf *F* ein Aehnlichkeitspunct für die wirkliche Bewegung der Wolke einerseits und die im Spiegelbild des Fadenkreuzes durch die betreffende Sehlinie gebildete Richtung andererseits ist. Die letztere Richtung ist identisch mit der entsprechenden im wirklichen Fadenkreuz, deren Spiegelbild sie ist, und folglich diese gerade die entgegengesetzte von der Richtung der Wolke, weil der Aehnlichkeitspunct *F* ein innerer ist.

Aus diesem geht auch hervor, dass die Geschwindigkeit, mit welcher die Sehlinie den Radius der Oeffnung *K* durchläuft, ganz proportional ist mit der Geschwindigkeit der Wolke, welches immer die Richtung sein mag, in der die Wolke zieht. Würde man die Faden mit Knoten versehen, die in gleichem Abstande sich befinden, und jede Beobachtung etwa 10″ lang machen, so würde die Anzahl der durchlaufenen Knoten ein richtiges Maass für die Geschwindigkeit der Wolke sein, und zwar würde sie die scheinbare Geschwindigkeit angeben, welche die Wolke hätte, wenn sie in gleicher Distanz durch das Zenith des Beobachters zöge, vorausgesetzt, dass das Knöpfchen *F* immer in gleicher Distanz von dem Spiegelbild des Fadenkreuz-Centrums sich befände, was durch eine etwas modificirte Befestigung der Arme *D* und *E* mit hinlänglicher Genauigkeit leicht zu erreichen wäre. — Man könnte das Knöpfchen *F* auch so befestigen, dass es sich auf einer der Längsrichtung von *A* parallelen Leiste verschieben liesse (ähnlich wie *J*), also stets in gleicher Höhe mit dem Spiegel sich befände. Alsdann gäbe die Anzahl der durchlaufenen Fadenknoten die scheinbare Geschwindigkeit an, welche die Wolke haben würde, wenn sie in gleicher Höhe durch das Zenith des Beobachters zöge.

Es ist indess weit besser, nicht die Grösse des Fadenstückes zu messen, welches die Sehlinie in einer bestimmten Zeit (10″) durchläuft, sondern die Zeit zu beobachten, welche dieselbe braucht, um die ganze Fadenhälfte vom Centrum bis zur Peripherie zu durchlaufen.

Die Geschwindigkeit der Wolken hängt offenbar zusammen mit der Zeit, in welcher die Sehlinie nach Knopf und Wolke den Radius des Fadenkreuzes durchläuft. Damit aber daraus eine übereinstimmende Angabe der Geschwindigkeit möglich sei, ist vor allem nothwendig,

dass sie von Azimuth, Höhenwinkel und Richtung der Wolke unabhängig sei. Dies leistet das Instrument dadurch, dass bei gleicher absoluter Geschwindigkeit und absoluter Höhe der Wolke der Radius $c' d'$ in Fig. 7 Taf. XXXVII stets in derselben Zeit durchlaufen wird, mag das Knöpfchen in f (im Zenith) oder in f' (beliebige Winkelhöhe) stehen und mag die Richtung sein wie immer, wenn nur das Knöpfchen in f' in derselben Höhe über dem Brettchen steht wie in f. Das folgt sehr leicht aus:

$$\triangle\, cdf \backsim CDf \therefore cd : CD = cf : Cf$$

$$\triangle\, c'd'f' \backsim C'D'f' \therefore c'd' : C'D' = c'f' : C'f'.$$

Aus der Gleichheit der absoluten Höhe folgt $cf : Cf = c'f' : C'f'$. Aus der Gleichheit der absoluten Geschwindigkeit folgt $CD = C'D'$. Also ist $cd = c'd'$ d. h. die in gleichen Zeiten beschriebenen Wege im Fadenkreuz sind gleich.

Die Zeit, in welcher der Radius des Fadenkreuzes durchlaufen wird, ist also constant, wenn nur die Höhe des Knöpfchens dieselbe ist. Die zu bestimmende Geschwindigkeit ist folglich ausser der Zeit nur noch abhängig von der Höhe des Knöpfchens über dem Spiegelbild des Fadenkreuzes.

Die Zeit ist eine zur Geschwindigkeit umgekehrt proportionirte Grösse. Folglich muss man, um die Geschwindigkeit zu erhalten, mit der beobachteten Zahl der Secunden in eine gewisse Zahl dividiren. Diese Zahl hängt aber ab 1) von der Höhe des Knöpfchens über dem untern Fadenkreuz, 2) von der Geschwindigkeit, welche man als Einheit annimmt.

In Betreff des ersten Punctes könnte man nun in der Praxis so verfahren, dass man das Knöpfchen in constanter Höhe, also an einer horizontalen Schubleiste sich bewegen liesse. So hätte man stets mit der Secundenzahl in eine constante Zahl zu dividiren. Und auch diese Division kann man sich sehr einfach ersparen, wenn man sich eine Scala oder ein Täfelchen verfertigt, in welcher neben der beobachteten Zeit sogleich der Quotient angezeigt ist, etwa wie Fig. 7[b] Taf. XXXVII zeigt. — Doch möchte diese Methode nicht räthlich sein, weil die Leiste ziemlich lang sein müsste, folglich das Instrument unbequem und plump würde; die lange Leiste würde dem Instrumente die Stabilität nehmen, sich leicht werfen und dadurch der Genauigkeit Eintrag thun. Ferner dürfte die Leiste nur in geringer Höhe angebracht werden, weil sonst dieselbe unverhältnissmässig lang sein müsste, wenn sie noch für Höhen-

winkel von 20—15° dienen soll; bei geringer Höhe der Leiste aber wird die abzuwartende Zeit bei langsamem Wolkenzug zu gross, folglich die Beobachtung lästig. Wegen dieser Uebelstände möchte folgende Einrichtung (die ich an meinem Apparat angebracht habe) zweckmässiger sein:

Auf dem horizontalen Brettchen steht eine senkrechte Stütze *b*, an welcher ein 3″ breiter Carton bis zur Höhe von ca. 2′ befestigt ist. Auf diesem befinden sich horizontale Linien, und ein einfaches Visiren zeigt sogleich diejenige Linie, in deren Höhe das Knöpfchen sich befindet. Bei dieser Linie ist dann die berechnete Zahl angeschrieben, welche durch die Secundenzahl dividirt werden muss, um den Index der Wolkengeschwindigkeit zu finden. Bequemer aber noch ist es, an jedem dieser Striche eine Scala anzubringen, ähnlich der obigen, welche sogleich aus der beobachteten Secundenzahl den Index ersehen lässt.

Es fragt sich nun, welche Geschwindigkeit als Einheit anzunehmen sei, und weiter wie die Scala der Indices beschaffen sein soll, damit in den Resultaten verschiedener Beobachter Uebereinstimmung sei. Bleibt man bei der für niedere Winde gebräuchlichen Bezeichnungsweise, dass die Windstärke durch Indices von 1—10 angegeben werde, so wäre die sich zunächst darbietende Methode die, dass man als Einheit jene Geschwindigkeit annehme, mit welcher die Wolke in gleicher Höhe durch das Zenith ziehend in 1 Secunde etwa einen Winkel von 10 Minuten durchlaufen würde; oder was ungefähr dasselbe ist, jene scheinbare Geschwindigkeit, welcher bei 1000′ senkrechter Höhe im Zenith eine absolute Geschwindigkeit von 3 Fuss entspricht. Die Indices 2, 3, 4 ..... werden dann unter gleichen Umständen der 2-, 3-, 4fachen Geschwindigkeit entsprechen.

Diese Methode ist in der Praxis leicht und sicher und gibt sehr gut übereinstimmende Resultate. Es ist aber der grosse Uebelstand dabei, dass die Scala zu geringen Umfang hat. Sie reicht blos aus für Geschwindigkeiten von 3—30′ bei 1000′ Höhe. Es fehlt also die Bezeichnung für grössere Geschwindigkeiten. Andrerseits würde sie für Wolken von 10000′ Höhe nur die Geschwindigkeit von 30—300′ in sich fassen, also fehlt auch die Bezeichnung für geringere Geschwindigkeiten.

Um diesen Uebelstand zu vermeiden, ohne die Zahl der Indices zu vermehren, könnte man den Indices die Bedeutung ihrer Quadrate geben, wodurch sie von 1, 4, 9 ... bis 100 reichen würde. Doch

scheint dies nicht zweckmässig, weil die Sprünge bei kleinen Geschwindigkeiten verhältnissmässig zu gross sind, sowie für grössere Indices die entsprechenden Beobachtungszeiten um zu wenig differiren, als dass man mit Sicherheit sie unterscheiden könnte.

Zweckmässiger scheint (unter andern derartigen) jene Zahlenreihe zu sein, welche von 1 bis 100 nach einer geometrischen Progression (mit dem Exponent $= \sqrt[9]{100}$) sich erstreckt. Dies wären die Zahlen
1; 1,668; 2,782; 4,641; 7,742; 12,916; 21,545; 35,938; 59,947; 100
statt deren man die nächstgelegenen Ganzen nimmt,
1, 2, 3, 5, 8, 13 22 36 60 100
entsprechend den Indices
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Dies wäre die Scala. Als Einheit aber möchte es am zweckmässigsten sein, diejenige scheinbare Geschwindigkeit zu nehmen, welche eine Wolke bei 1000′ Höhe und $^1/_2$′ absoluter Geschwindigkeit zeigt. Darnach würde also der Index 7 bedeuten, dass die Wolke eine solche scheinbare Geschwindigkeit hat, wie eine, welche bei 1000′ Höhe eine absolute Geschwindigkeit von $22 \times {}^1/_2 = 11'$ hat, oder wie eine, die bei 10,000′ eine Geschwindigkeit von 110′ hat.

Bei dieser Scala lässt sich dann in der Praxis der Index nicht mehr durch eine einfache Division bestimmen. Die Methode wird aber in der Ausführung ebenso einfach wie die erste, wenn man statt der Rechnung eine Scala oder Täfelchen anwendet, um den Index zu finden. Solche Scalen (ähnlich der obigen) müssten an den horizontalen Strichen des Cartons angebracht werden, so dass man für jede Höhe sogleich den Index ablesen kann, wenn die Zahl der Secunden beobachtet ist, in welcher die Sehlinie den Radius des Fadenkreuzes durchläuft. Die Berechnung und Anfertigung dieser Scalen ist ganz einfach; auch liessen sich dieselben lithographiren und man würde sie für jedes beliebige Instrument gebrauchen können, wenn man sie in einer sehr leicht zu findenden Höhe applicirt (s. d. Anm.).

Die so gemessene, durch den Index bezeichnete und durch die Bedeutung des Index bekannte Geschwindigkeit ist eine scheinbare und nicht die absolute. Die Angabe der scheinbaren Geschwindigkeit ist ganz genau. Unsicher wird aber die Bestimmung, wenn man die absolute Geschwindigkeit anzugeben versucht, weil die senkrechte Höhe der Wolken nur durch unsichere Schätzung bestimmt werden kann. Indessen dürfte doch bei einiger Uebung, mit Rücksicht auf Gestalt,

Schärfe, Beleuchtung und Schattirung der Wolke es dahin gebracht werden können, dass das Verhältniss zwischen geschätzter und wirklicher Höhe durchschnittlich wenigstens kleiner als 2 : 1 (resp. $> 1/2$) sei[1]).

Es wäre denn wohl zweckmässig, wenn man bei jeder Beobachtung nicht nur die Art der Wolke beifügte, sondern auch durch einen unteren Index ihre geschätzte Höhe, und zwar möchte folgende Bedeutung des Indices wohl passend sein.

0 = Höhe unter	1000′	6 = Höhe gleich und über	6000′
1 = „ gleich und über	1000′	7 = „ „ „ „	7000′
2 = „ „ „ „	2000′	8 = „ „ „ „	9000′
3 = „ „ „ „	3000′	9 = „ „ „ „	13000′
4 = „ „ „ „	4000′	10 = „ „ „ „	20000′
5 = „ „ „ „	5000′		

So würde also eine Beobachtung, die mit $S\,W^3\,F_6$ bezeichnet ist, bedeuten Südwestwind von der Stärke = 3, bei Federwolken von der Höhe = 6 ($\gtreqless$ 6000′).

Diese Bezeichnungsweise hätte zwei Vortheile: 1. (und das ist der wichtigere) kann man die Richtung des Windes für verschiedene Höhen-Regionen aus den Beobachtungen ersehen und mithin die dieser Höhe entsprechenden Aenderungen verfolgen, was bei der gewöhnlichen Bezeichnungsart unmöglich ist. Wenn nämlich Nachmittags eine andere Wolkenrichtung beobachtet wird, als Morgens, so kann dies entweder in einem wirklichen Umschlag des Luftstromes seinen Grund haben (und das wäre schon ein wichtiges meteorologisches Moment); oder bei ganz unveränderter Richtung können es Wolkenzüge von verschiedener Höhe sein. Die gewöhnliche Art der Bezeichnung gibt gar kein Mittel, zu entscheiden, welche von beiden Ursachen stattgefunden habe. Nach der oben angegebenen Methode aber wäre es ganz leicht und hinlänglich sicher. Man würde dann möglicherweise in einer langen Reihe Beobachtungen eine durchgehende Constanz der Wolkenrichtung in der Höhe 8 erkennen, trotz aller Verschiedenheit der Wolkenrichtung in tieferen Regionen. Somit würde man auch den Polar- und

---

1) Diese Uebung im richtigen Schätzen würde in den Gegenden besonders leicht zu erlangen sein, in welchen hohe Berge sich befinden, aus deren verschiedenen Höhenpunkten man entnehmen kann, wie das Aussehen der in verschiedenen Höhen befindlichen Wolken beschaffen ist.

Aequatorialstrom mit viel mehr Sicherheit erkennen und in seinem Verlaufe verfolgen können. Und ist auch die Bedeutung der Höhen-Indices nicht so zuverlässig und scharf richtig, so leistet doch die Methode das, was eben geleistet werden kann, und vielleicht alles, was überhaupt in dieser Richtung gehofft werden kann. —

2. Kann auch annähernd ein Schluss auf die absolute Geschwindigkeit der Wolke und folglich auf die Stärke der Luftströmmung gemacht werden, was sich aus Obigem leicht ergibt. So würde im obigen Beispiel SW^3F_6 bedeuten: Südwestwind, beobachtet an Federwolken in der Höhe von 6000′ circa, mit einer absoluten Geschwindigkeit von ungefähr $3 \cdot {}^1/_2 \cdot 6 = 9$ Fuss. Ebenso bedeutet S^8H_5 Südwind, beobachtet an Haufenwolken in der Höhe von ca. 5000′ mit der absoluten Geschwindigkeit von $36 \cdot {}^1/_2 \cdot {}^{5000}/_{1000} = 36 \cdot {}^1/_2 \cdot 5 = 90'$ oder etwas mehr.

Würde diese Beobachtungsart, die weder schwierig noch lästig ist, allgemein und constant ausgeführt, so könnte sie vielleicht das Studium der Meteorologie nicht unerheblich fördern, resp. manche ihrer Resultate beschleunigen.

Anm. Die Anfertigung der Scalen nach obigen Angaben hat zwar keine Schwierigkeiten; indess dürfte es doch Manchem, der dieselben ausführen wollte, erwünscht sein, die bestimmteren Angaben dazu, ohne selbst rechnen zu müssen, vorzufinden. — Da die Zahl der Secunden, welche die Sehlinie braucht, um die Fadenhälfte zu durchlaufen, unabhängig ist von dem Höhenwinkel der Wolke (wie eben bewiesen), so kann man die Betrachtung auf eine durch das Zenith ziehende Wolke beschränken. Es sei die Höhe des Knöpfchens über dem Spiegelbild des Fadenkreuzes beispielsweise 12mal grösser als eine Fadenhälfte; dann werden die beiden zu berücksichtigenden Sehlinien (nämlich die eine vom Centrum der Faden, die andere vom Ende zum Knöpfchen) am Himmel einen Weg einschliessen, der für eine Höhe von 2000′ in horizontaler Richtung $= 2000 \cdot {}^1/_{12}'$ ist. Sei nun der Geschwindigkeits-Index der Wolke z. B. = 7, d. h. die Geschwindigkeit = 22′ für eine Höhe von 2000′, so wird diese Wolke zum Durchlaufen des eben bestimmten Weges $\frac{2000}{2.22}$ Secunden brauchen. Würde die Höhe des Knöpfchens h (statt 12) Fadenhälften betragen, und c (statt 22) die Geschwindigkeit der Wolke für 2000′ Höhe sein, so würde die entsprechende Secundenzahl $= \frac{2000}{h \cdot c}$ erhalten. Setzt man in dieser Formel nach und nach alle Werthe für h und c, die vorkommen, d. h. für h etwa die Zahlen von 7 bis 22, für c die Zahlen 1, 2, 3, 5, 8, 13, 22, 36, 60, 100, so bekommt man die für alle Fälle hinreichenden Zahlen. Sie sind in folgender Tabelle enthalten:

Index

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h	*c* 1	2	3	5	8	13	22	36	60	100
7	286	143	95	57	36	22	13	8	4,8	2,8
8	250	125	83	50	31	19	11,4	7	4,2	2,5
9	222	111	74	44	28	17	10	6,2	3,8	2,2
10	200	100	67	40	25	15,4	9,1	5,6	3,3	2,0
11	182	91	61	36	23	14,0	8,3	5,1	3,0	1,8
12	167	83	56	33	21	12,8	7,6	4,6	2,8	1,7
13	154	77	51	31	19,2	11,8	7,0	4,3	2,6	1,5
14	143	72	48	29	17,9	11,0	6,5	4,0	2,4	1,4
15	133	67	45	27	16,7	10,3	6,1	3,7	2,2	1,3
16	125	63	42	25	15,6	9,6	5,7	3,5	2,1	1,2
17	118	59	39	23	14,7	9,0	5,3	3,3	2,0	1,2
18	111	56	37	22	13,9	8,5	5,0	3,1	1,9	1,1
19	105	53	35	21	13,1	8,1	4,8	2,9	1,8	1,1
20	100	50	33	20	12,5	7,7	4,5	2,8	1,7	1,0
21	95	48	32	19	11,9	7,4	4,3	2,6	1,6	1,0
22	91	46	30	18	11,4	7,0	4,1	2,5	1,5	0,9

Man könnte nach diesen Angaben die verschiedenen Scalen anfertigen. Zweckmässiger möchten aber wohl Täfelchen sein, die an jedem Höhenstrich so angebracht würden, dass über diesem die Indices und unterhalb die jedem entsprechende Secundenzahl stünden.

Practisch also wird man so verfahren: Man bestimmt zuerst an dem betreffenden Instrument die Höhe des Fadenkreuzes über der spiegelnden Fläche, was zugleich auch die Tiefe des Spiegelbildes der Faden unter dieser Fläche ist. Von dieser Tiefe des Spiegelbildes anfangend trägt man alsdann mit dem Radius des Fadenkreuzes im Zirkel auf dem Carton gleiche Theile auf, soviel eben darauf gehen, und zieht durch die Theilpuncte die horizontalen Höhenlinien. Zu jeder derselben schreibt man das entsprechende Täfelchen (oder klebt das etwa schon gedruckte auf), so dass z. B. in der Höhe von 12 Fadenhälften das Täfelchen so beschaffen wäre $\frac{1\ .\ 2\ .\ 3\ .\ 4\ .\ 5\ .\ 6\ .\ 7\ .\ 8\ .\ 9\ .\ 10}{167\quad 83\quad 56\quad 33\quad 21\quad 13\quad 7.6\quad 4.6\quad 2.8\quad 1.7}$ und ähnlich für alle übrigen, wie aus obiger Tabelle erhellt. — Würde in der Anwendung das Knöpfchen in der genannten Höhe stehen und die Zahl der Secunden = 13 sein, so giebt das Täfelchen augenblicklich den Geschwindigkeits-Index = 6. Hieraus ersieht man, dass diese Methode in der practischen Anwendung überaus einfach und leicht ist. Bei einigermassen schneller Bewegung der Wolken ist es gar nicht so schwer, in einer Minute drei Beobachtungen zu machen, was jedenfalls von Nutzen ist.

Dr. Carl Eduard Zetzsche. Die Copirtelegraphen, die Typendrucktelegraphen und die Doppeltelegraphie. Leipzig, Teubner 1865.

Von der grossen Vollständigkeit dieses sich unter Anderem auch durch schöne Ausstattung auszeichnenden Buches können wir unsern Lesern am besten einen Begriff geben, wenn wir die Apparate namentlich bezeichnen, welche in demselben näher beschrieben sind. Diese sind: Die Copirtelegraphen von Bakewell, Bain, Hipp, Du Moncel, Broomann, Caselli. Die Typendrucktelegraphen von Vail, Bain, den Herausgebern des Scientific American, von Theiler, Donnier, Hughes, House, Brett, Povle, Siemens und Halske, Breguet, Du Moncel, Freitel, Hearder, Digney, Dujardin, Guyot d'Arlincourt, Schreder, Mouilleron und Gossain. Die Gegensprecher von Gintl, Nystrom, zur Nedden, von Fritschen, Siemens u. Halske, und Stark (Wartmann), ferner von Edlund, Maron, Schaak, Schreder, Frischen, Kohl, Zetzsche, Glösener, Discher. Die Doppelsprecher von Stark, Siemens u. Halske, Kramer, Duncker, Wartmann, Schreder, Zetzsche. Die Doppel- und Gegensprecher von Bosscha, Maron, Zetzsche, Schaak, sowie die Vorschläge von Newton, Ronvier, Kruse, Hughes, Caselli und der Vorschlag im Civil-Engineer and Architects Journal.

Dr. H. Wild. Ueber ein neues Polaristrobometer (Saccharimeter, Diabetometer) und eine neue Bestimmung der Drehungsconstante des Zuckers. Bern, Haller 1865.

Wir behalten uns vor, eine kurze Beschreibung dieses Instrumentes in einem der nächsten Hefte des Repertoriums zu geben.

Louis d'Henry. Condensateurs de Lumière on Appareils à projeter la lumière basés sur les propriétés de l'Ellipsoïde de révolution allongé, de l'Hyperboloïde de révolution à deux nappes, du Plan et de la Sphère. Lille 1865.

Register.

Die Zahlenangaben sind die Seitenzahl.

Berichtigungen.

In der Abhandlung des Herrn **Bauer** „Zur Theorie dioptrischer Instrumente“ pag. 219 ff. sind einige Fehler stehen geblieben, welche wir zu entschuldigen und zu berichtigen bitten.

pag. 220 in den Citaten Zeile 10 v. u. lies Inhalts statt Inhalt
„ 220 „ „ „ „ 7 v. u. „ 1840 „ 1849
„ 222 Zeile 5 v. u. lies Elemente statt Elemete
„ 222 „ 12 v. u. lies für das rechte A' blos A.
„ 224 „ 13 v. o. lies b' für b.
„ 225 „ 6 v. o. lies (2) statt (3).
„ 227 „ 6 v. o. lies rechts

$$\triangle b = \frac{\frac{h}{\underline{\sigma}} \triangle \eta' - \frac{h'}{\underline{\sigma'}} \triangle \underline{\eta}}{\frac{h}{\underline{\sigma}} - \frac{h'}{\underline{\sigma'}}}$$

„ 227 „ 2 v. u. lies links

$$= \frac{h_2 \sigma'_3 - h'_2 \sigma_3}{\nu_3}$$

„ 229 „ 5 v. o. fehlt ein Komma hinter b'_0.
„ 232 „ 9 v. o. lies

$$\times \left[\triangle \underline{H} \left(\sigma'_{-} - \sigma'_{+} \right) + \ldots \right.$$

„ 239 „ 3 v. u. lies:

$$\nu_{2i-1} \sigma'_{2i-1} - \nu_{2i+1} \sigma'_{2i+1} = \left(\nu_{2i-1} \sigma_{2i-1} - \nu_{2i+1} \sigma_{2i+1} \right) \left(\chi - T \overset{i}{\Sigma} \right) + \ldots$$

pag. 240 Zeile 2 v. o. lies rechts im Nenner h_{2n-2} statt h_{2n-1}.

Ferner kann den Citaten auf pag. 220 noch hinzugefügt werden: „A. F. **Möbius** Entwickelung der Lehre von dioptrischen Bildern mit Hilfe der Collineationsverwandtschaft. Ber. über die Verh. der k. sächs. Ges. der Wiss. Bd. VII 1855.“

REPERTORIUM

FÜR

PHYSIKALISCHE TECHNIK

FÜR

MATHEMATISCHE UND ASTRONOMISCHE

INSTRUMENTENKUNDE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PH. CARL,
PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

ERSTER BAND.

ATLAS.

TAFEL I BIS XXXVII.

MÜNCHEN, 1866.
VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Verzeichniss der Figurentafeln.

Fig. 1.

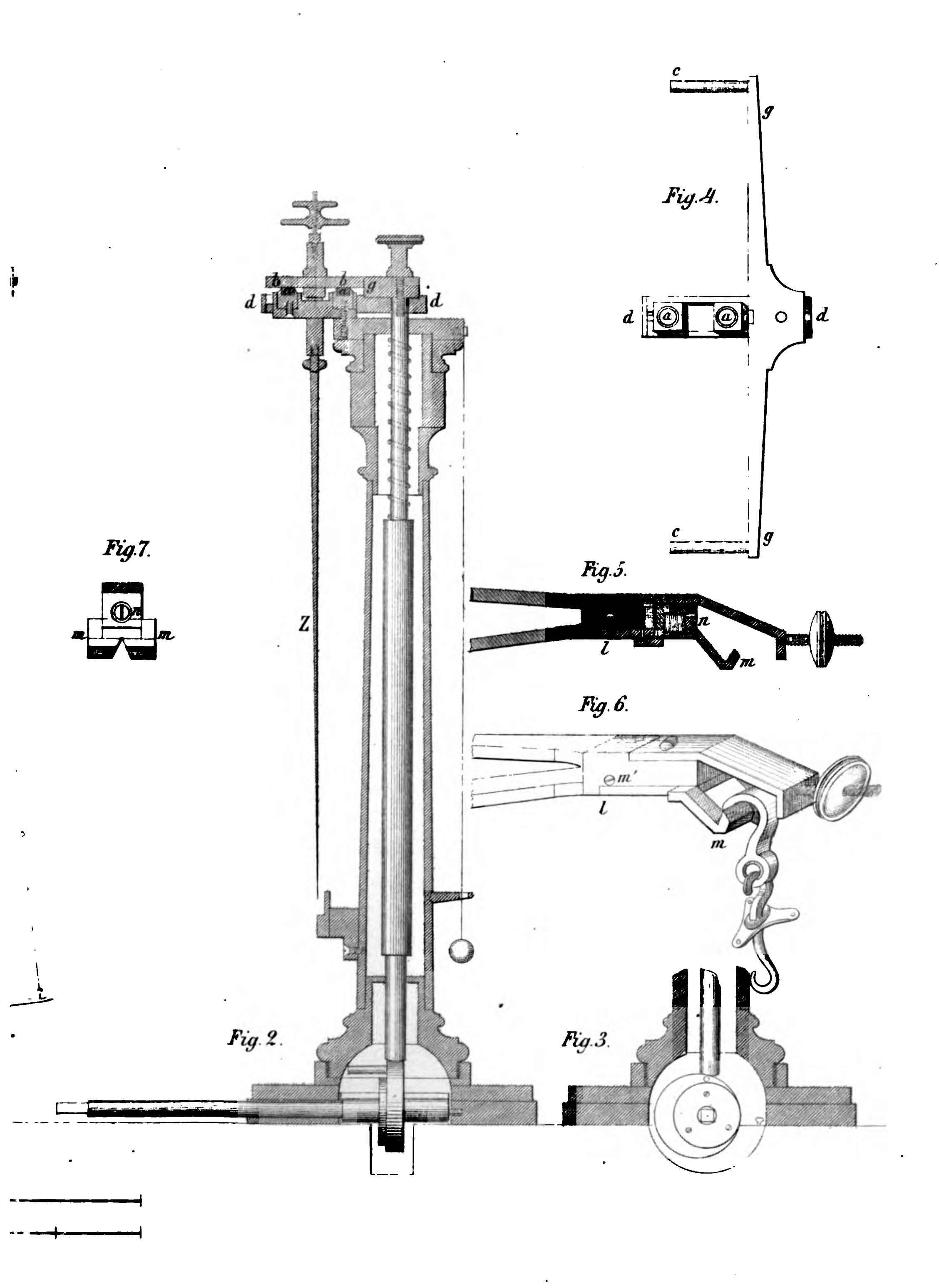


Fig. 4.
c
g
d
a
a
d
c
g
b
a
b
g
d
d
Fig. 7.
n
m
m
Z
Fig. 5.
n
l
m
Fig. 6.
m'
l
m
Fig. 2.
Fig. 3.

. 5.



Fig. 6.

Fig. 2.

½ nat. Grösse.

Fig. 3.

nat. Grösse.

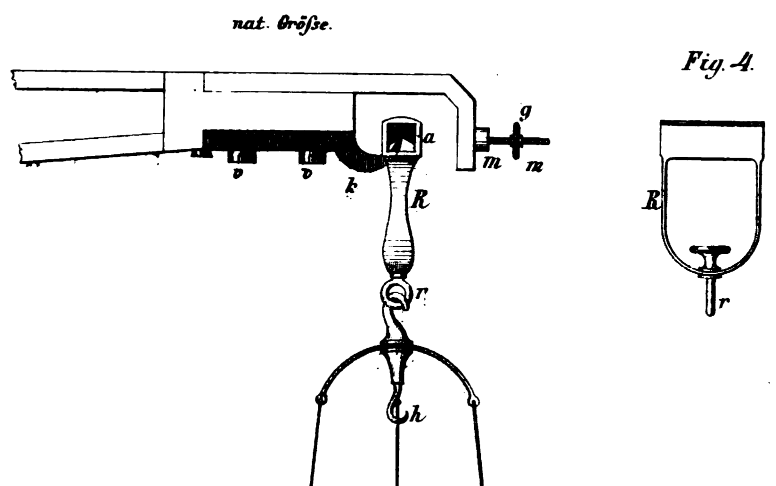


Fig. 9.

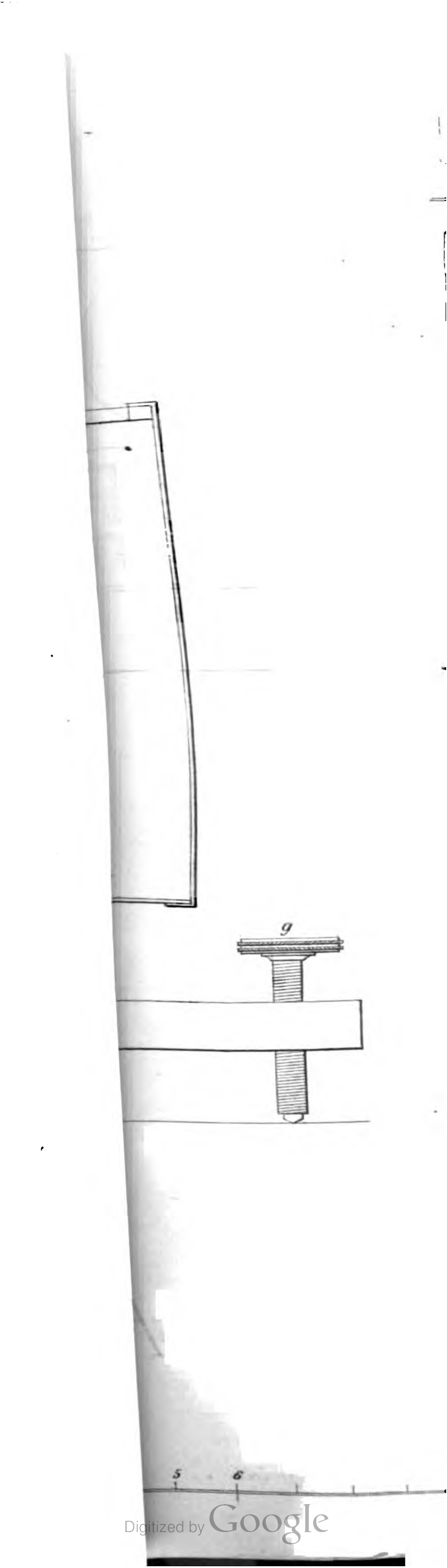

g
5
6

Fig. 6.

nat. Grösse.

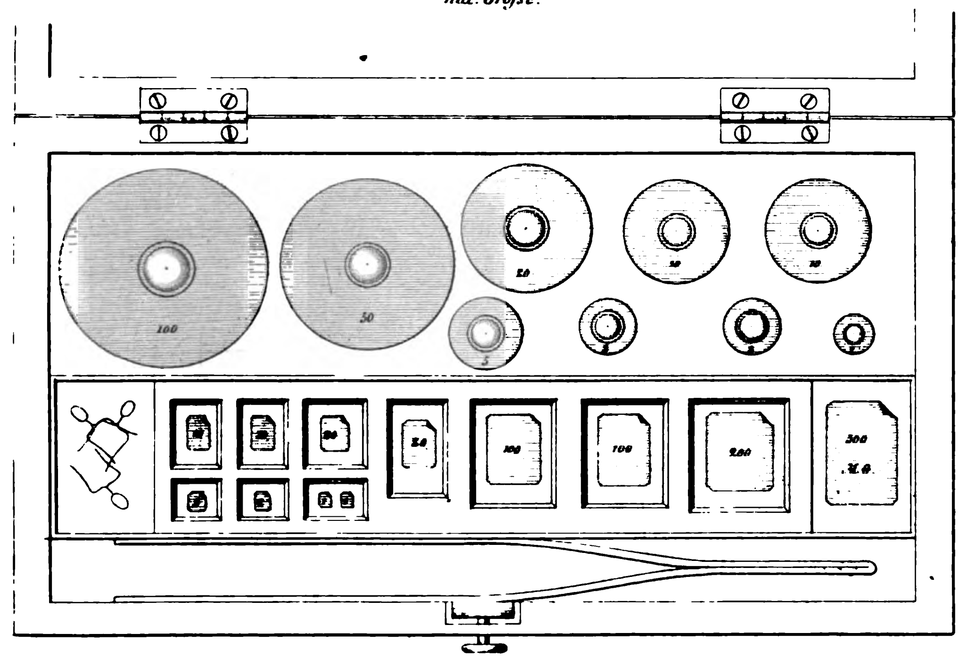


Fig. 7.

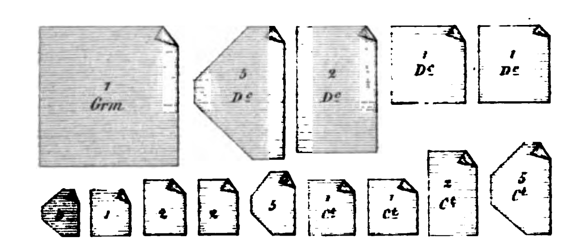
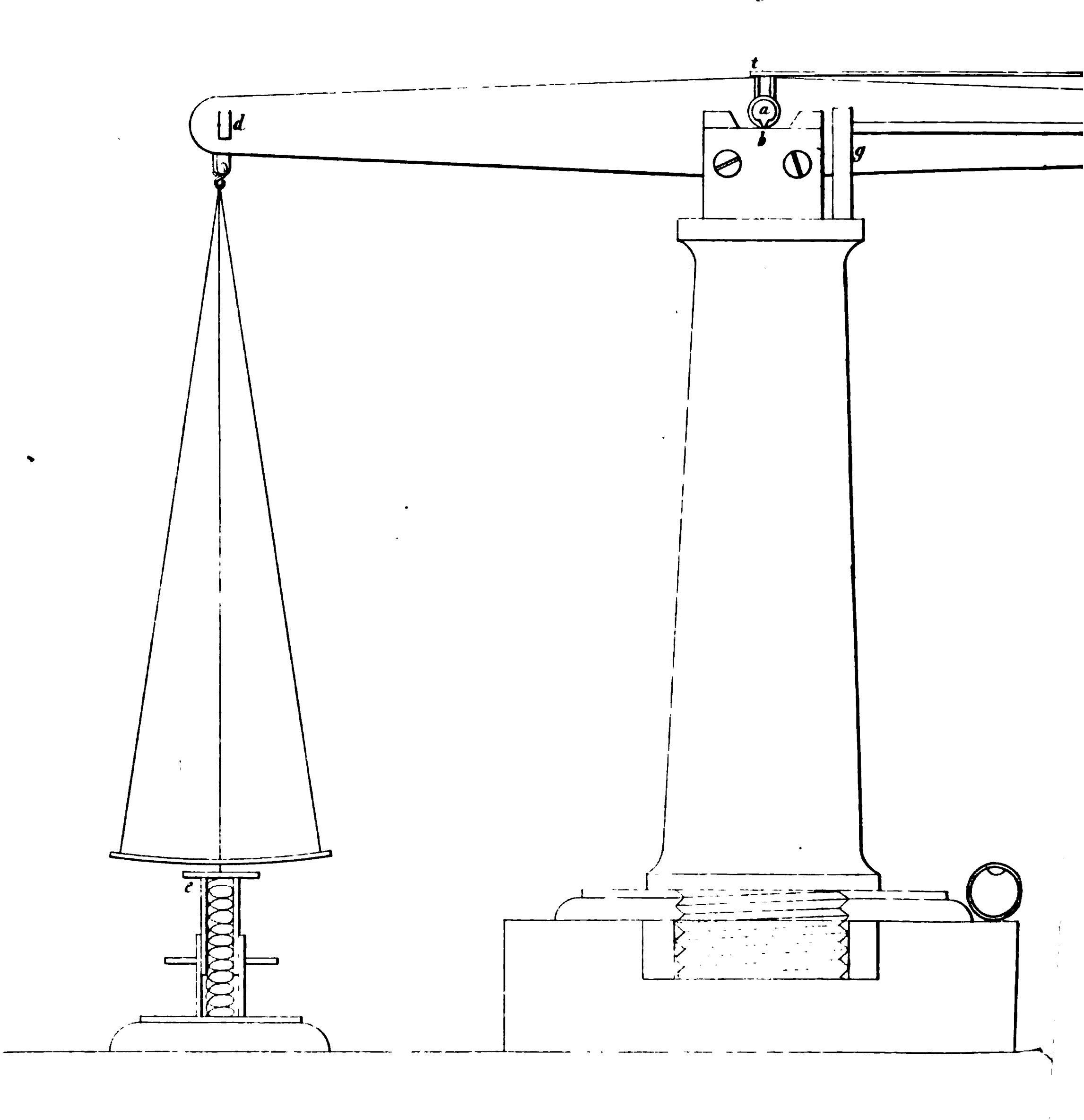


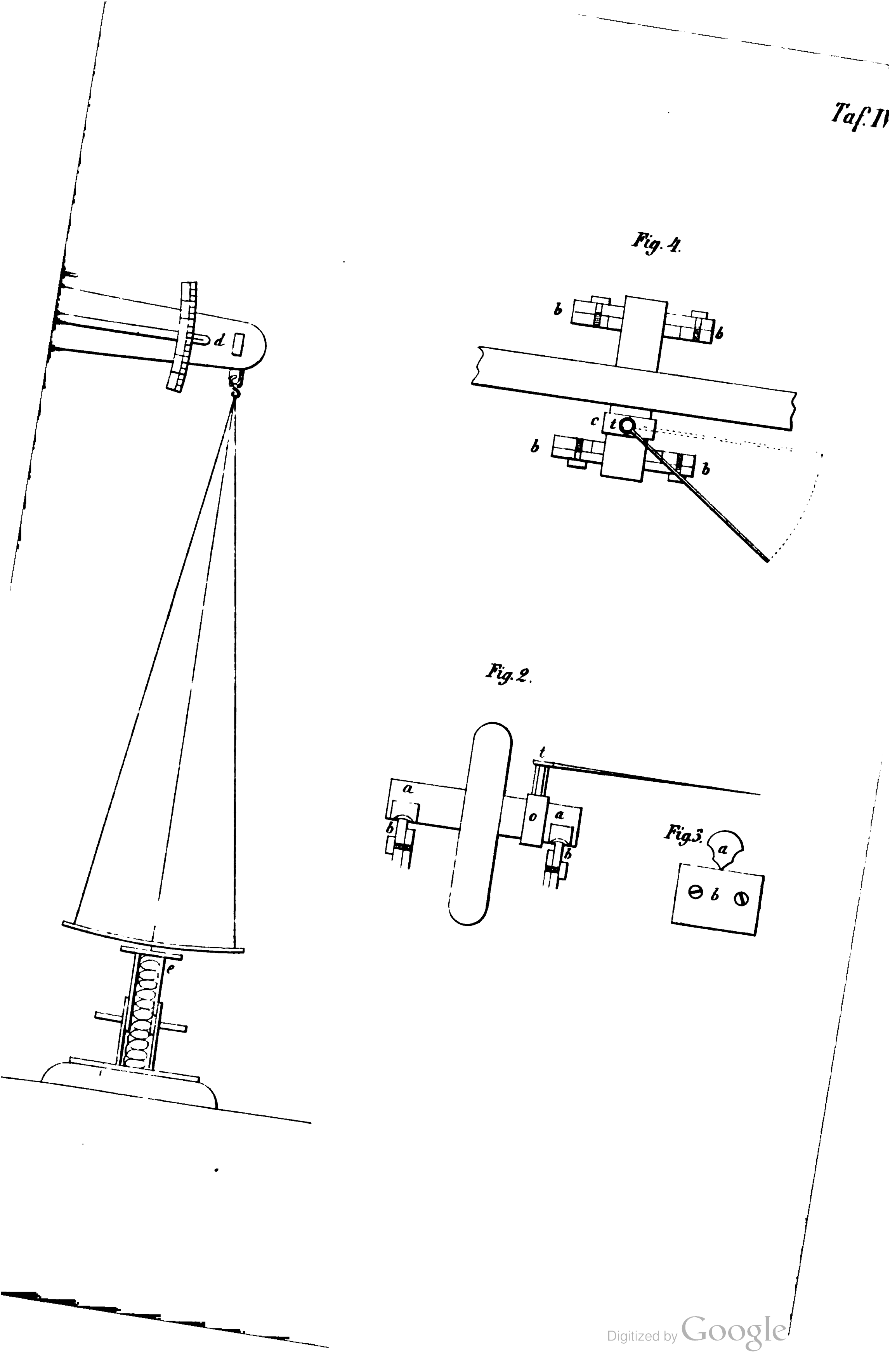
Fig. 5.

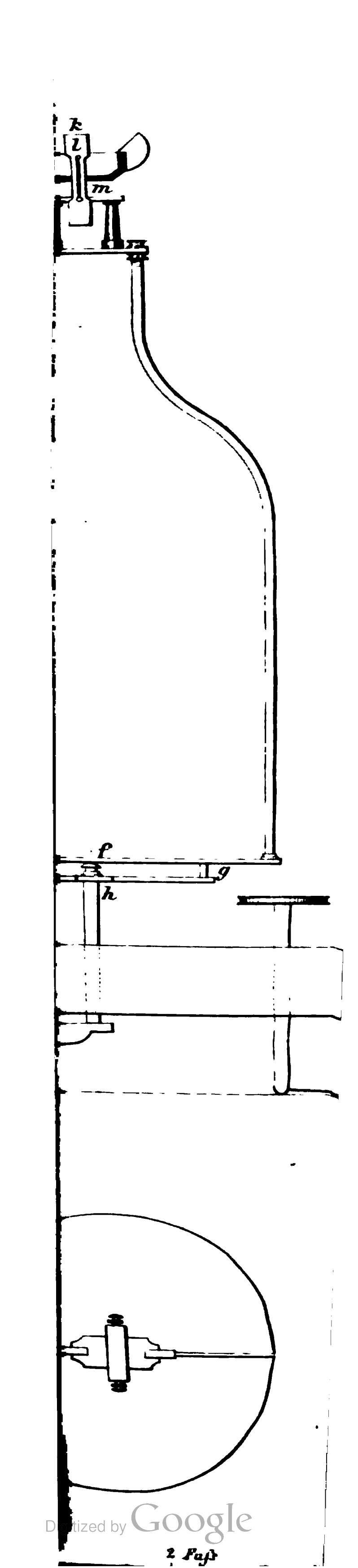
b
e
d
g
k
a
i
o
p
f
h
n
c

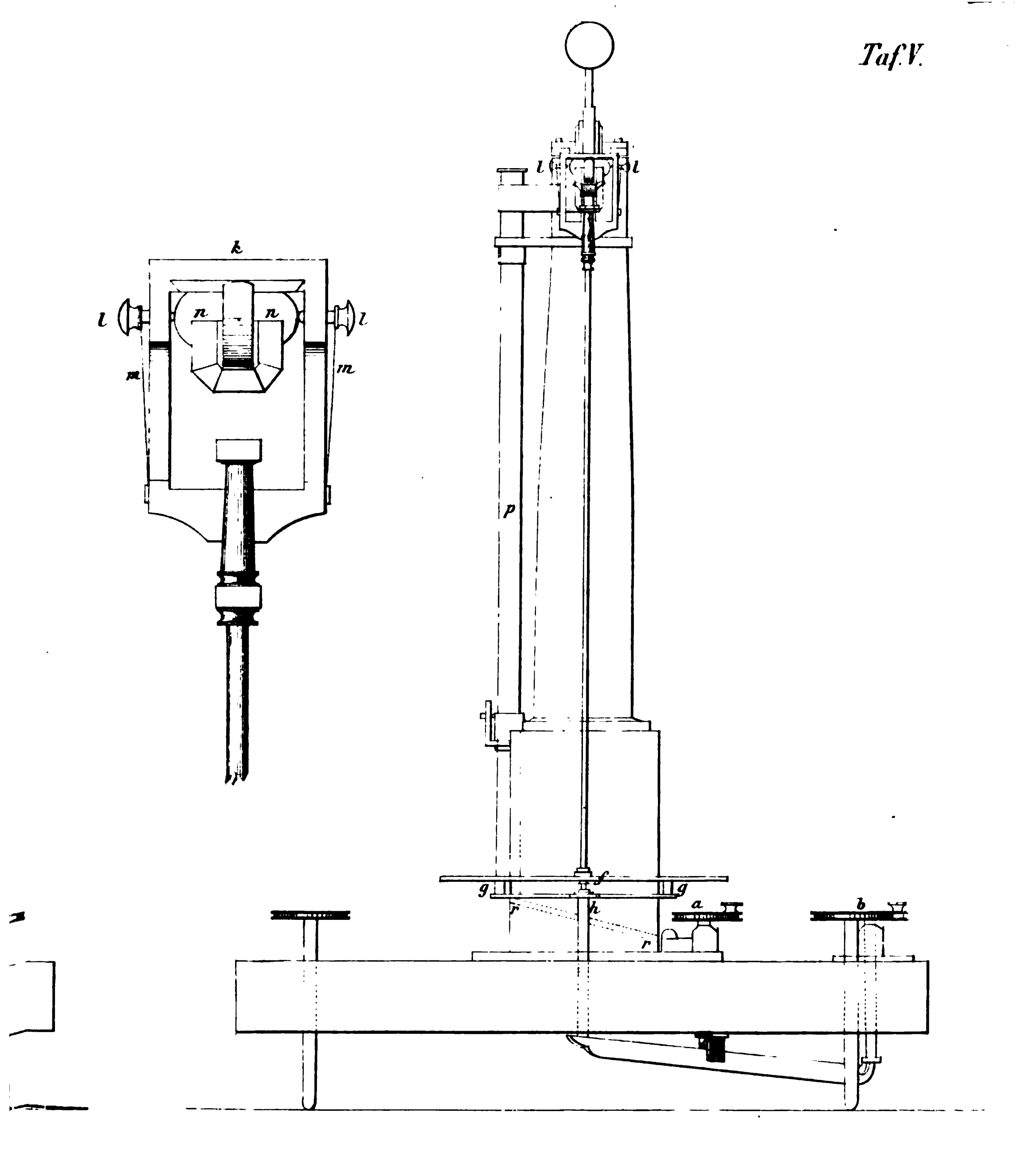
12 engl. Zoll

Fig. 1.

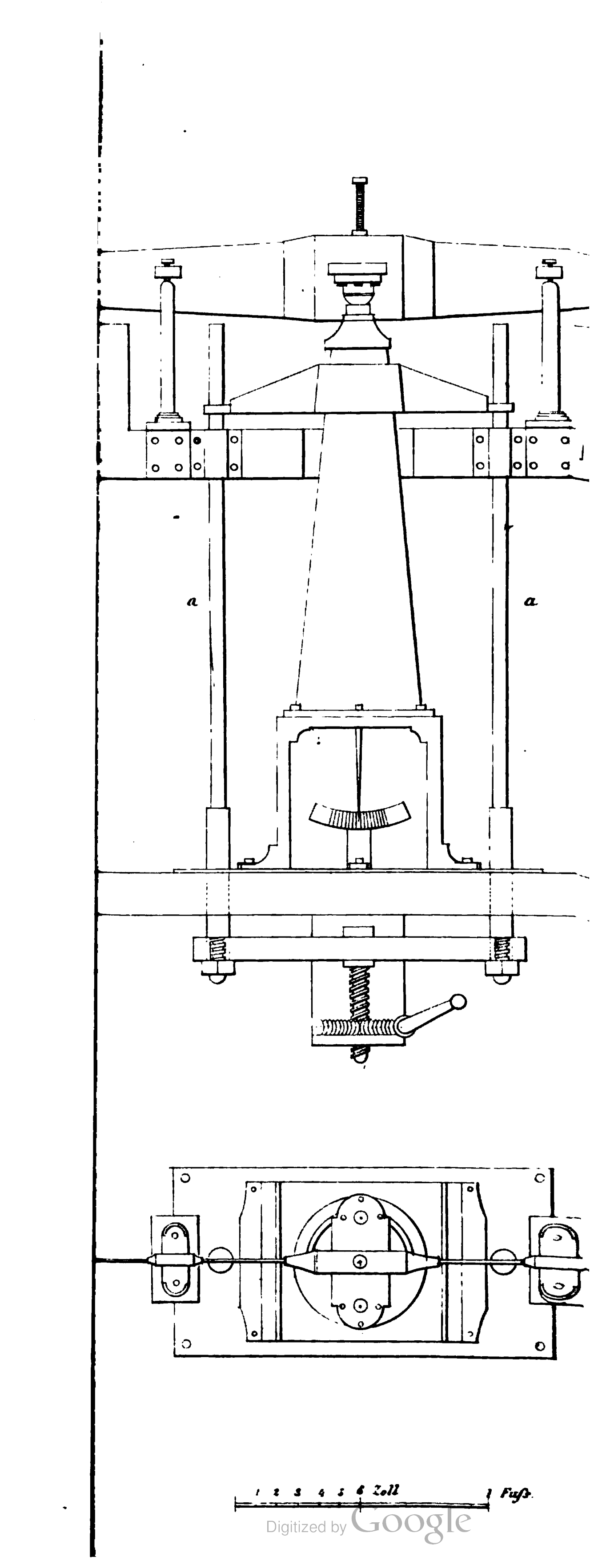



Taf. IV
Fig. 4.
b
b
c
t
b
b
d
Fig. 2.
t
a
o
a
b
b
Fig. 3.
a
b
e


k
l
m
f
g
h
2 Fuß



1 2 Zoll


a
a
1 2 3 4 5 6 Zoll
1 Fuss.

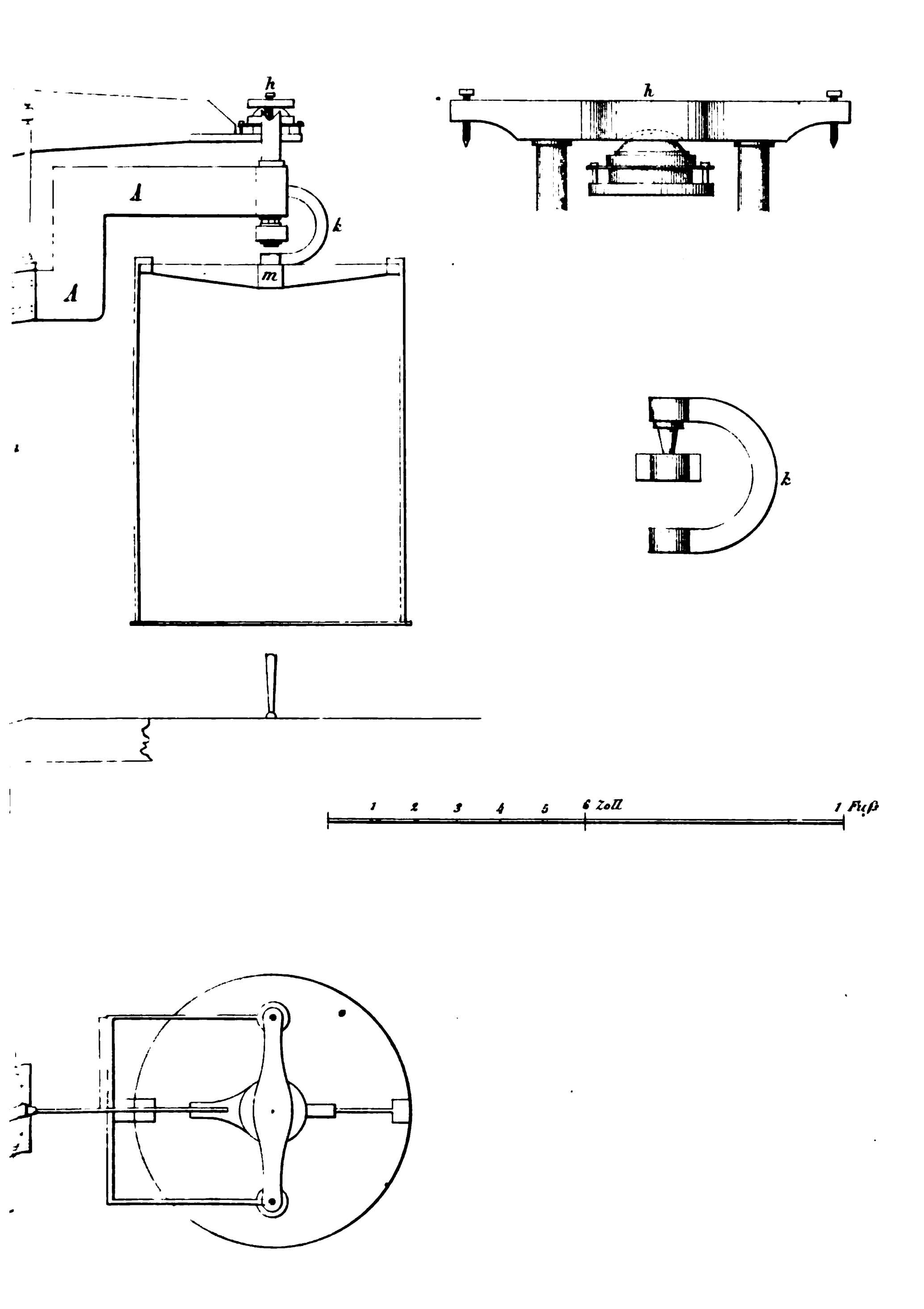

h
A
k
m
A
h
k
1
2
3
4
5
6 Zoll
1 Fuß

Fig. 2.

1/10 nat. Grösse.

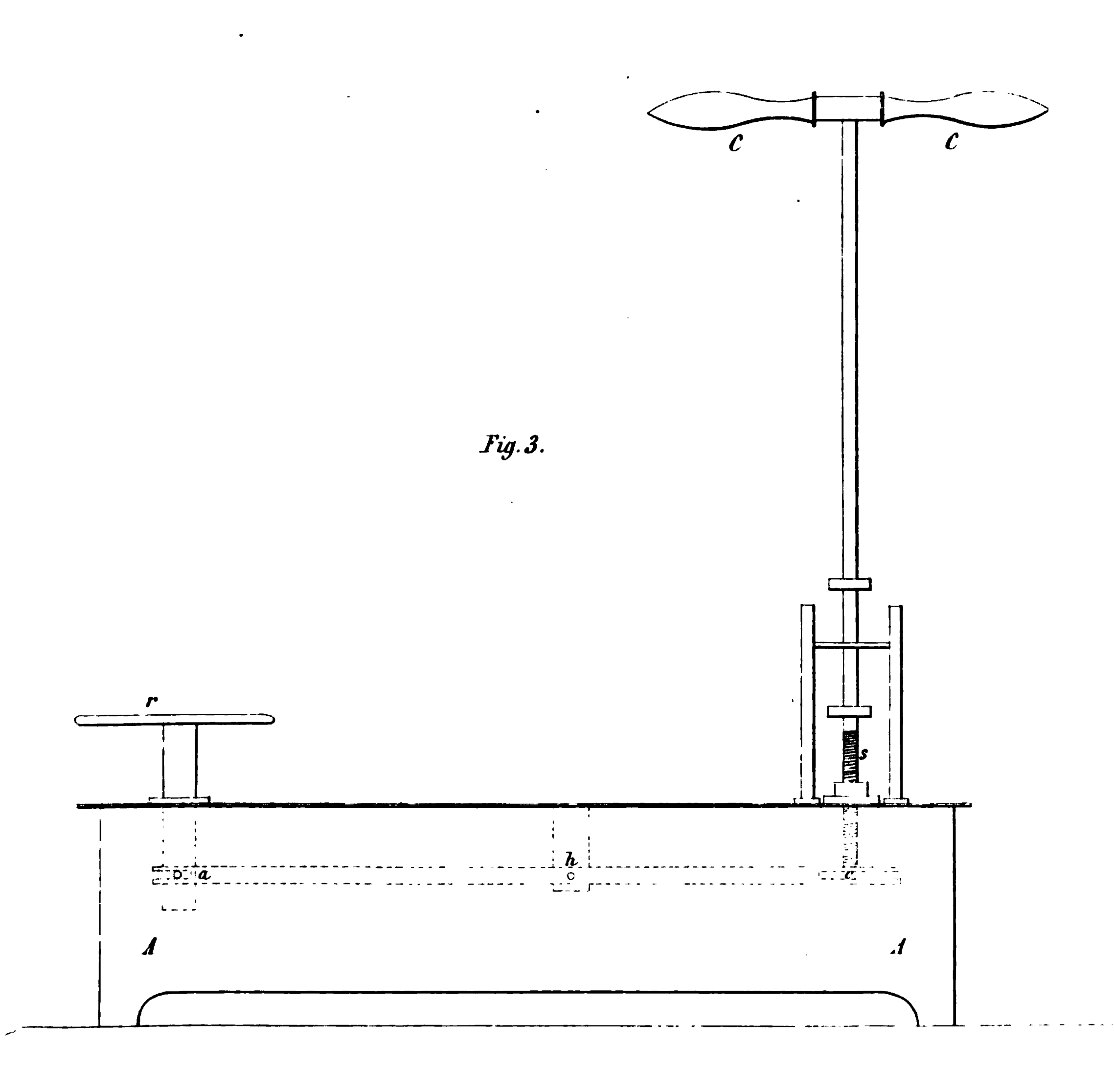
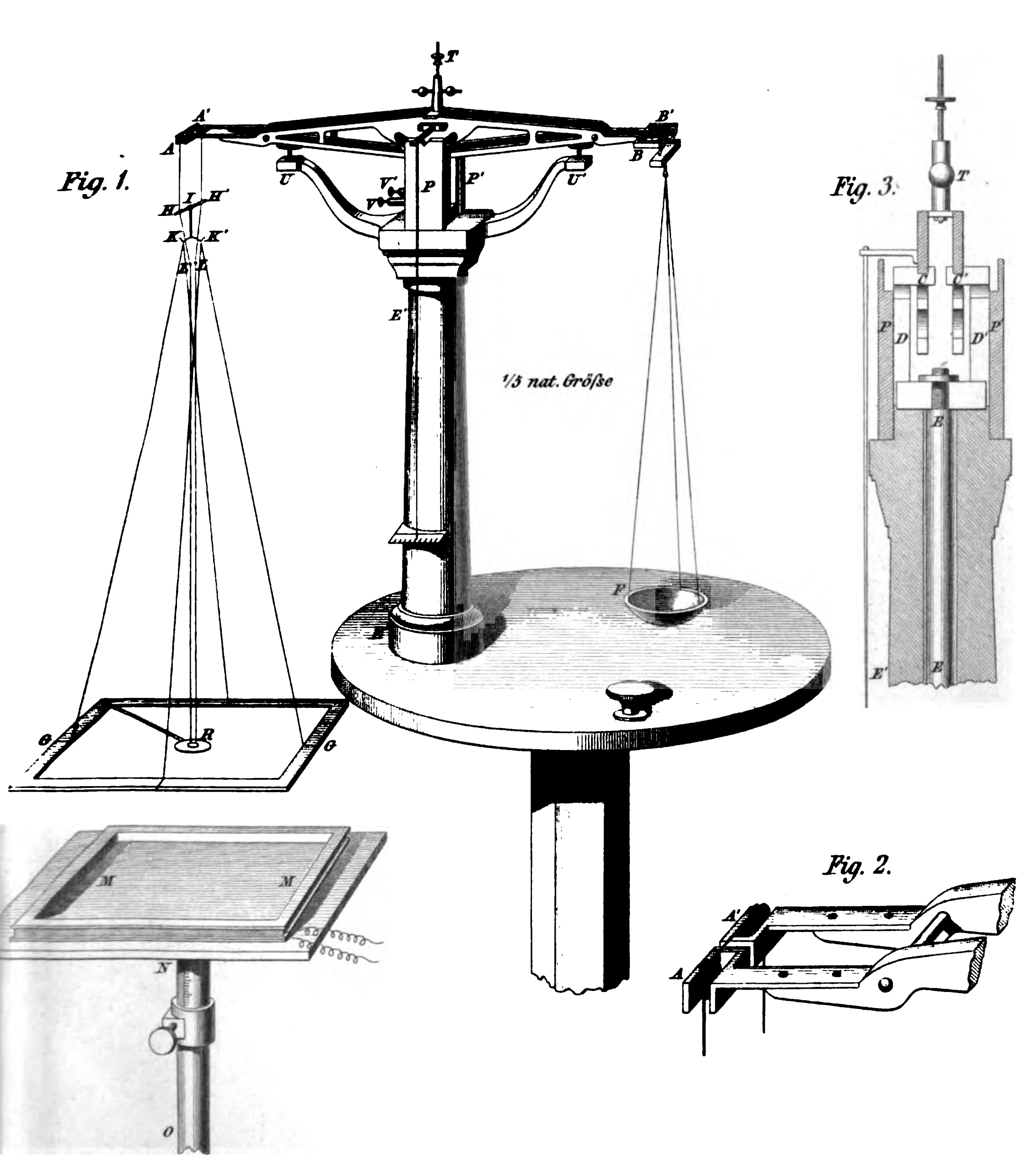


Fig. 3.

Cazin's
Electrodynamische Wage.



H. Bruch sc.

t's Verdunstungsmeſse

d'

c'

7

c

2/3 nat. Gröſse

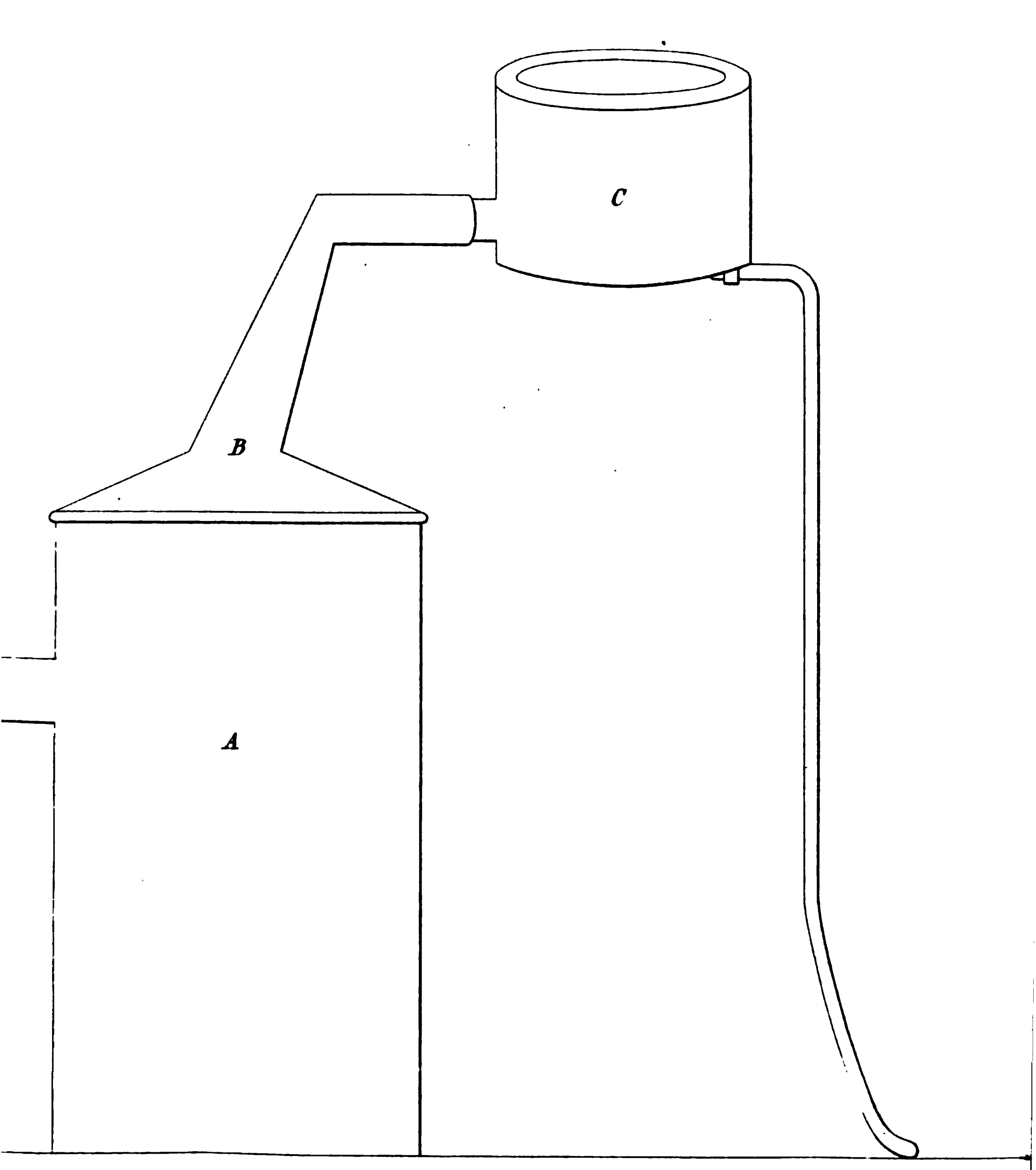
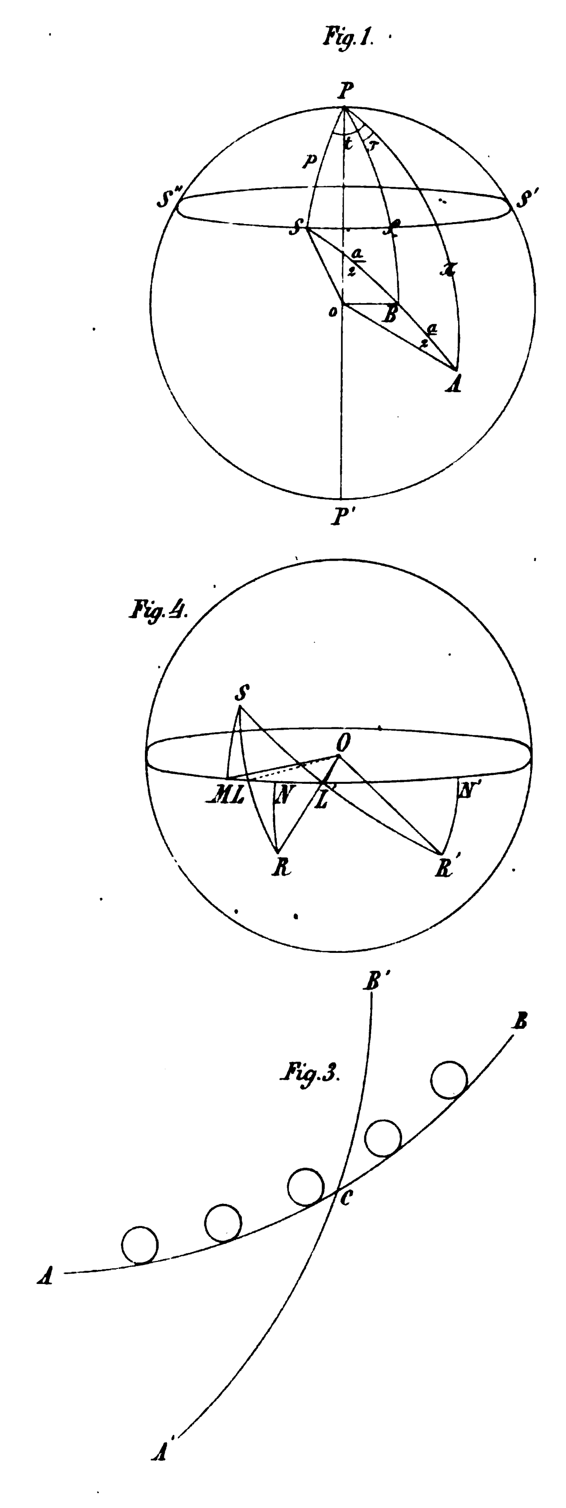


Fig. 3. Blechvorrichtung zum Aufthauen des Eises.


Fig. 1.
P
t
τ
p
S''
S'
S
a
2
o
B
A
P'
Fig. 4.
S
O
ML
N
L
N'
R
R'
B'
B
Fig. 3.
C
A
A'

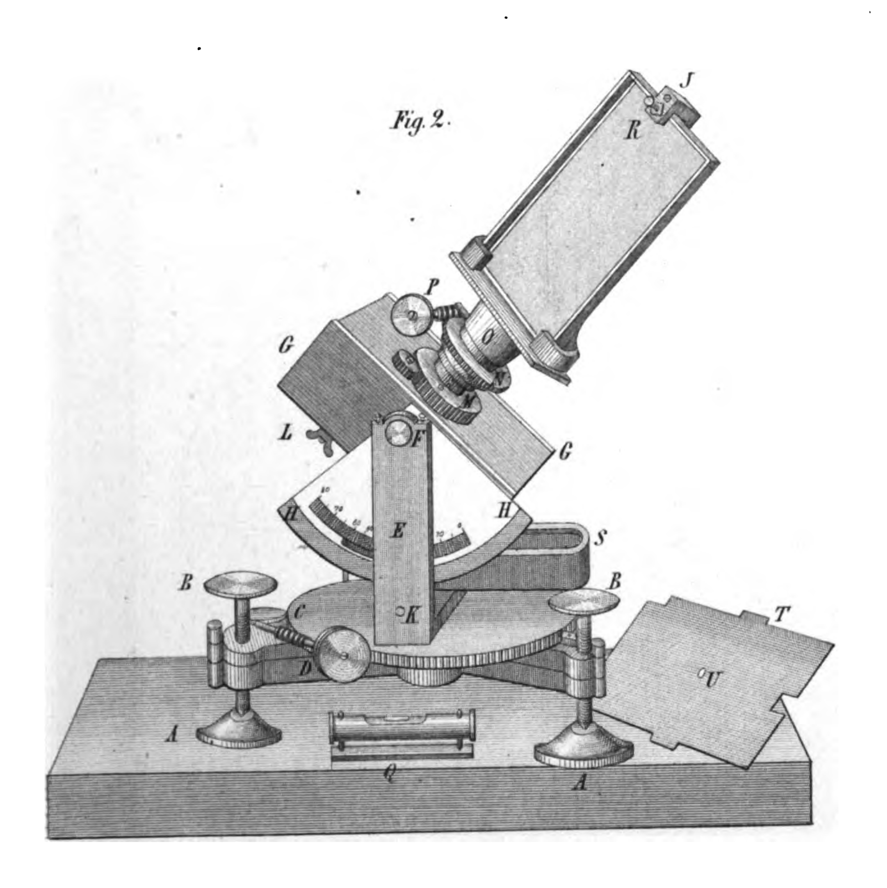

Fig. 2.
J
R
P
O
G
N
M
L
F
G
H
E
H
S
B
C
K
B
T
D
U
A
Q
A

Fig. 10.

Fig. 11.

Taf. XI.

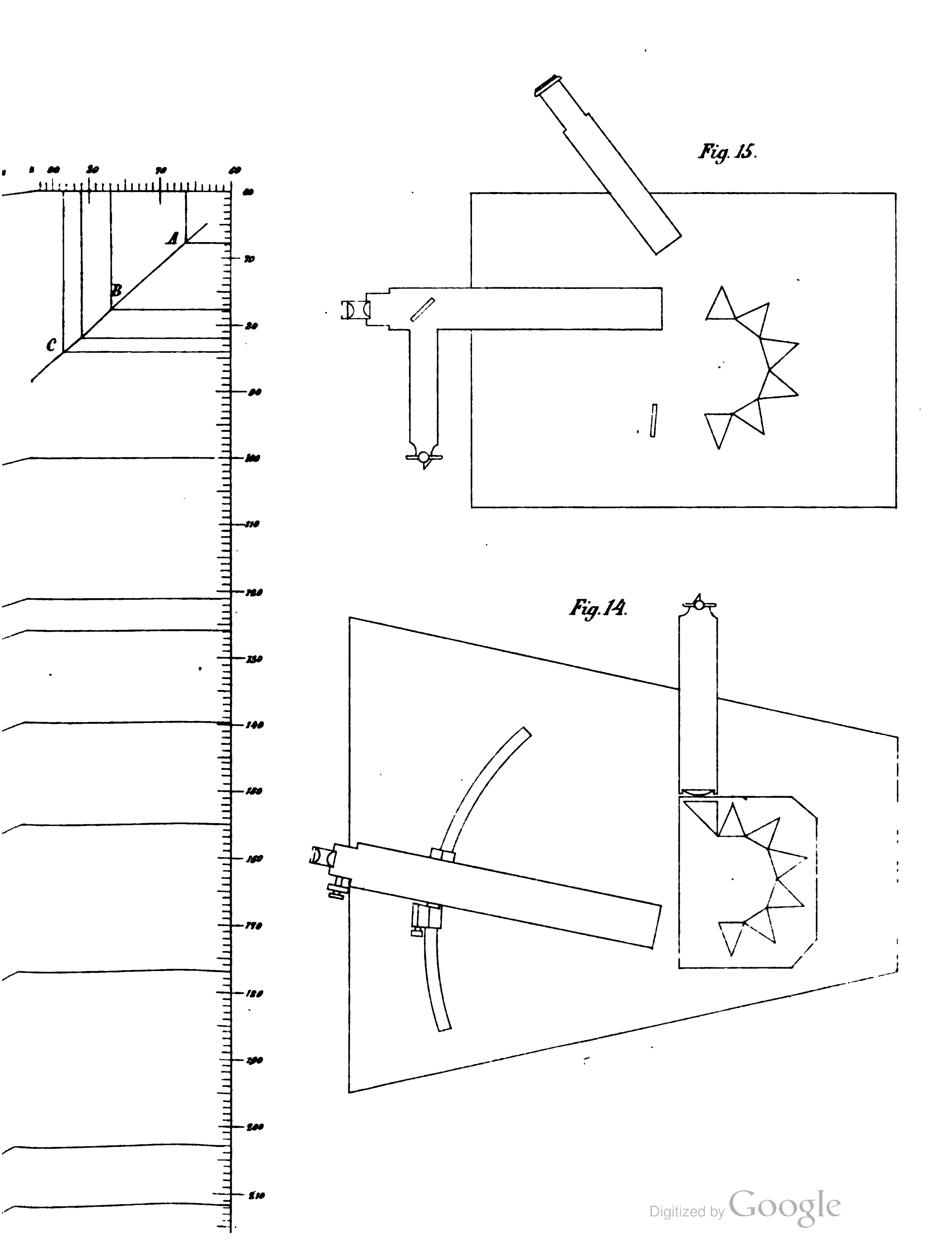
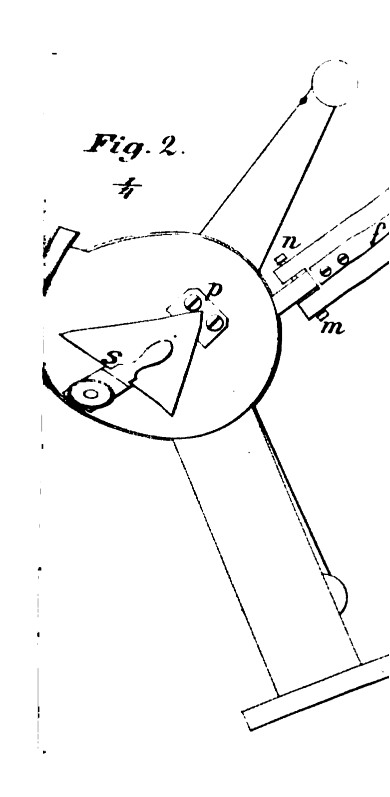
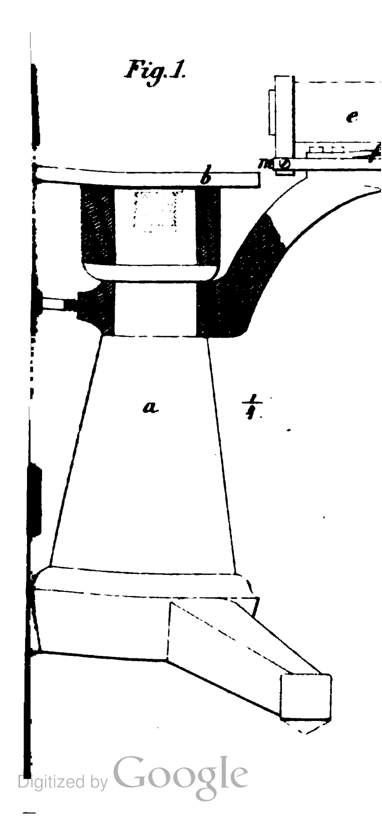


Fig. 15.

Fig. 14.

VII.

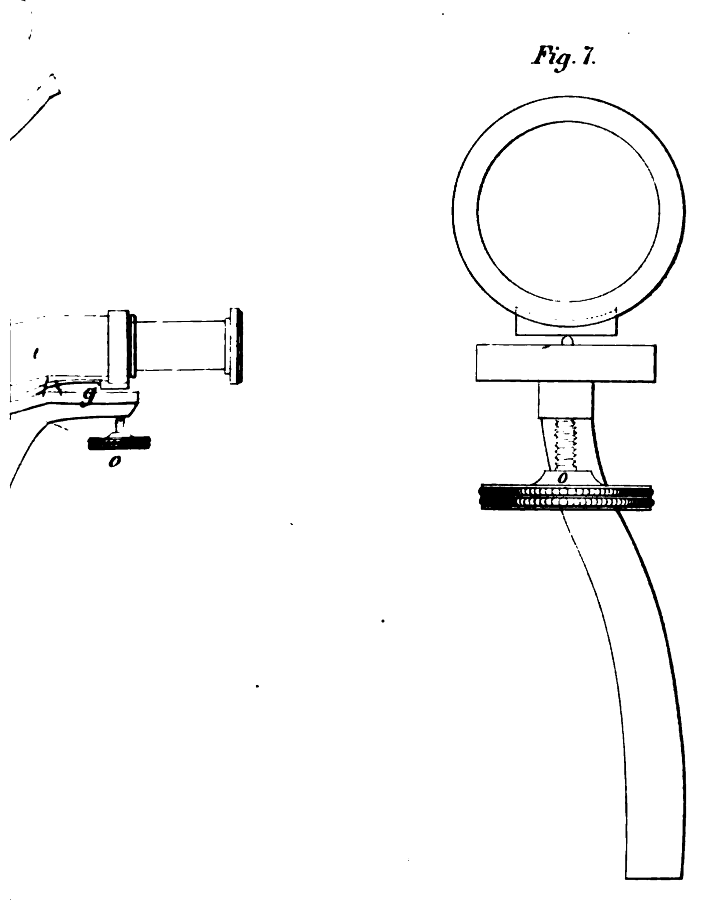

Fig. 2.
n
p
m
s


Fig. 1.
e
b
a

Taf. XII.

Fig. 6.

Fig. 7.



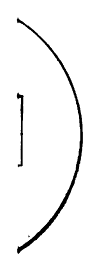


Fig. 1a

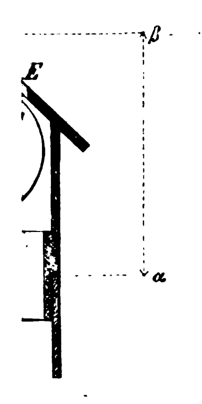


Fig. 3.



Fig. 4.

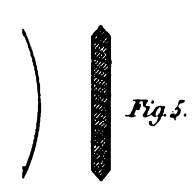
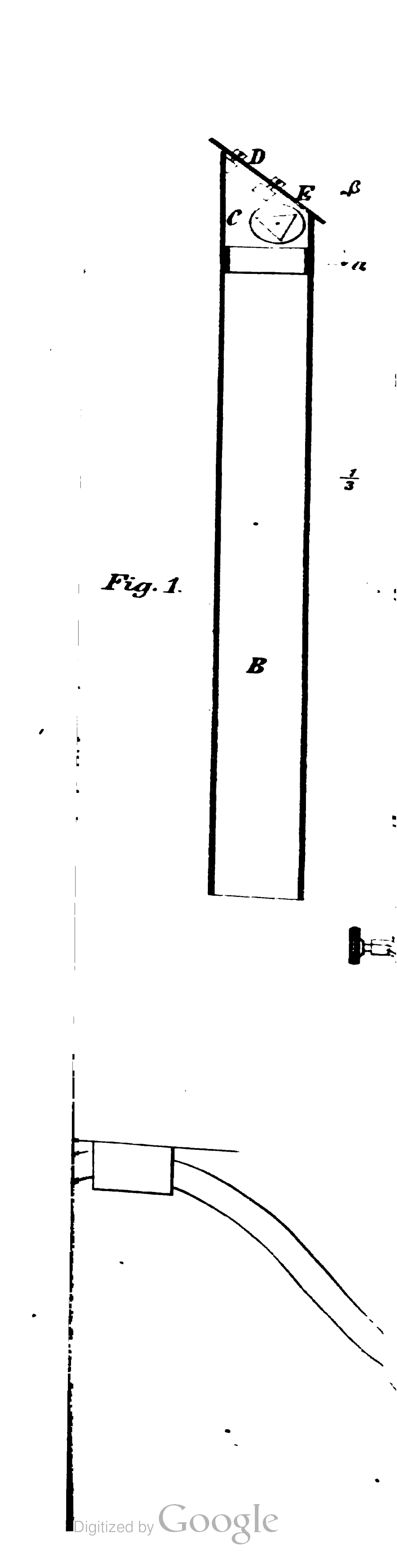
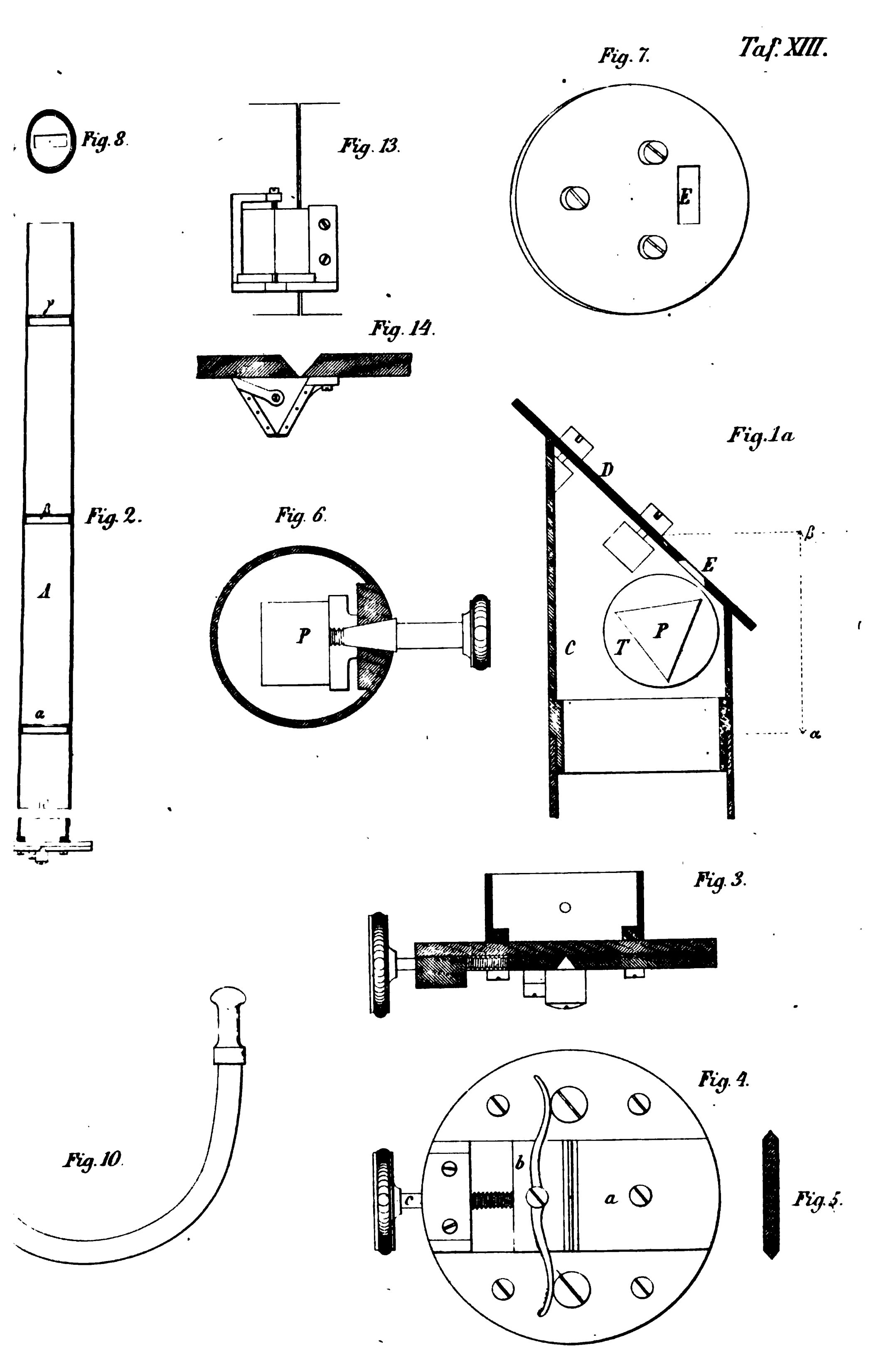
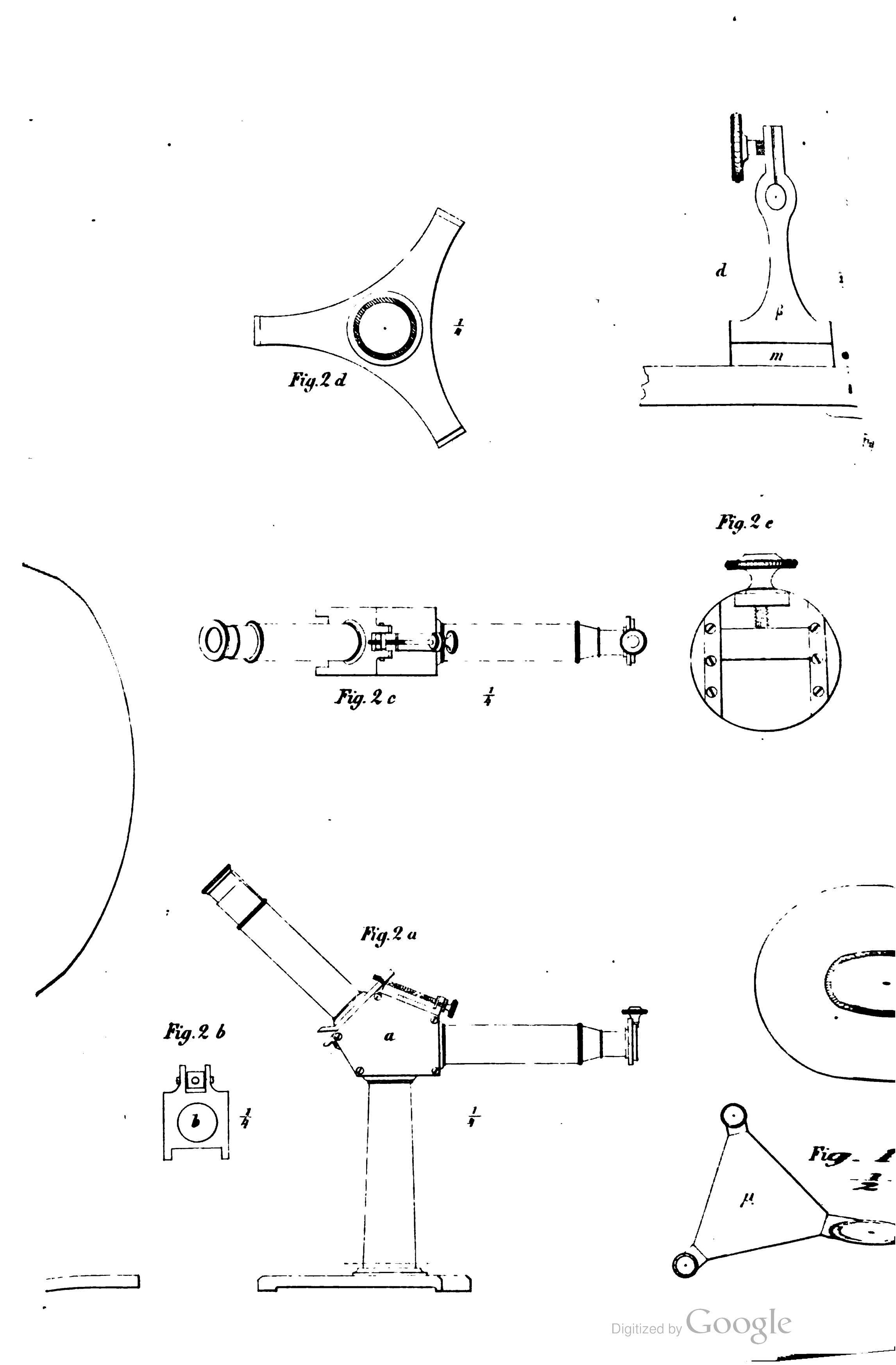


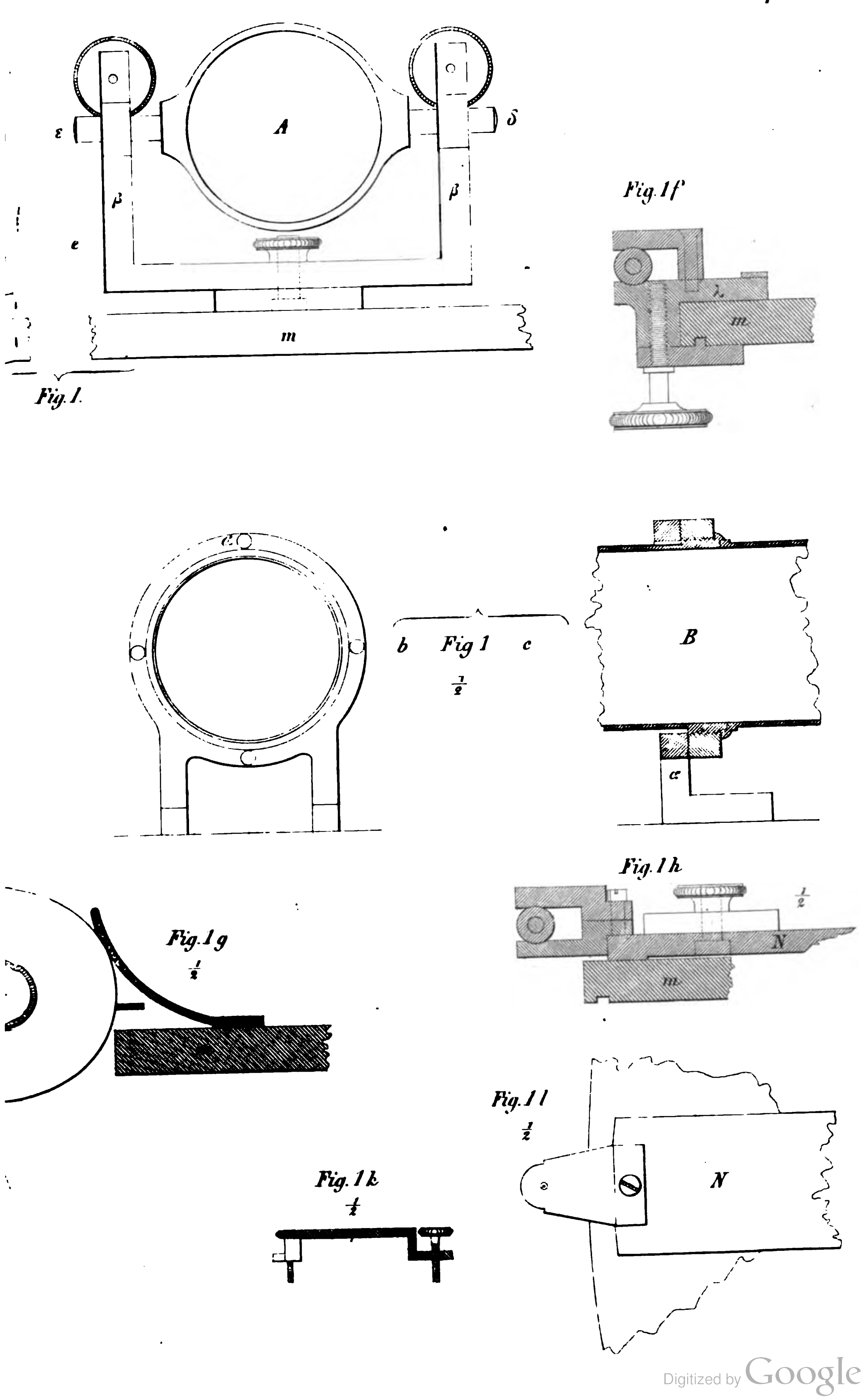
Fig. 5.

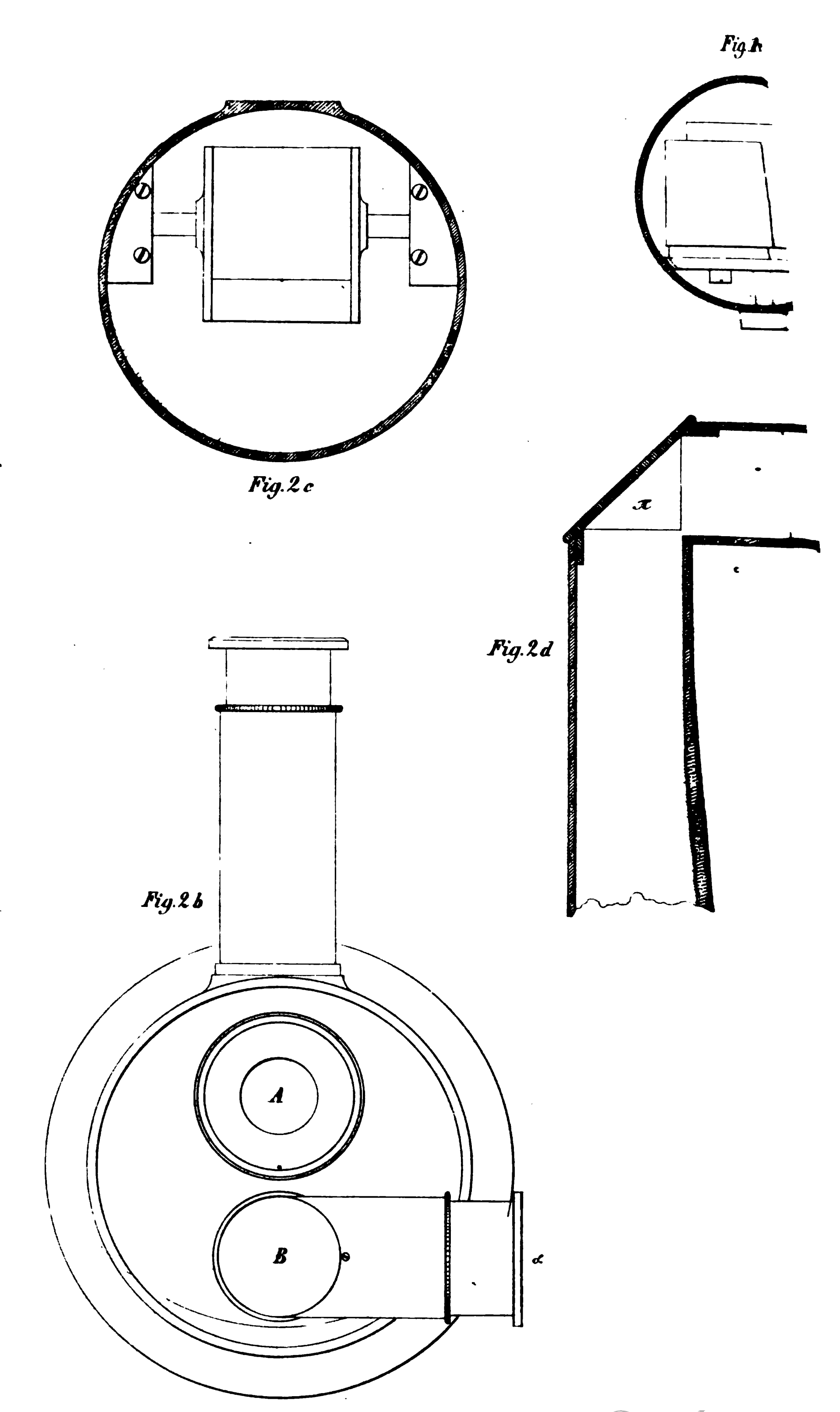

D
E
C
B
Fig. 1.
1/3

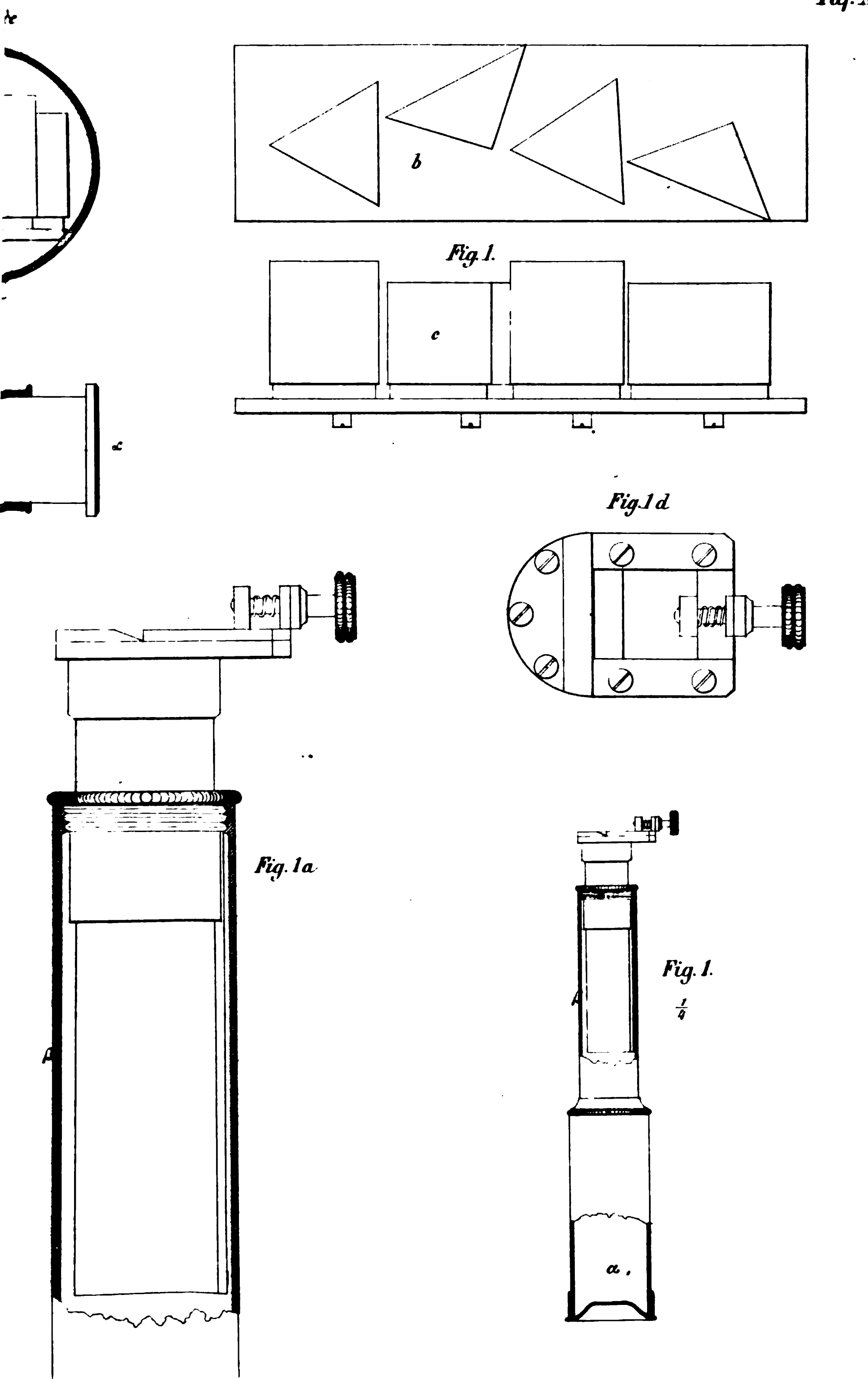
Taf. XIII.

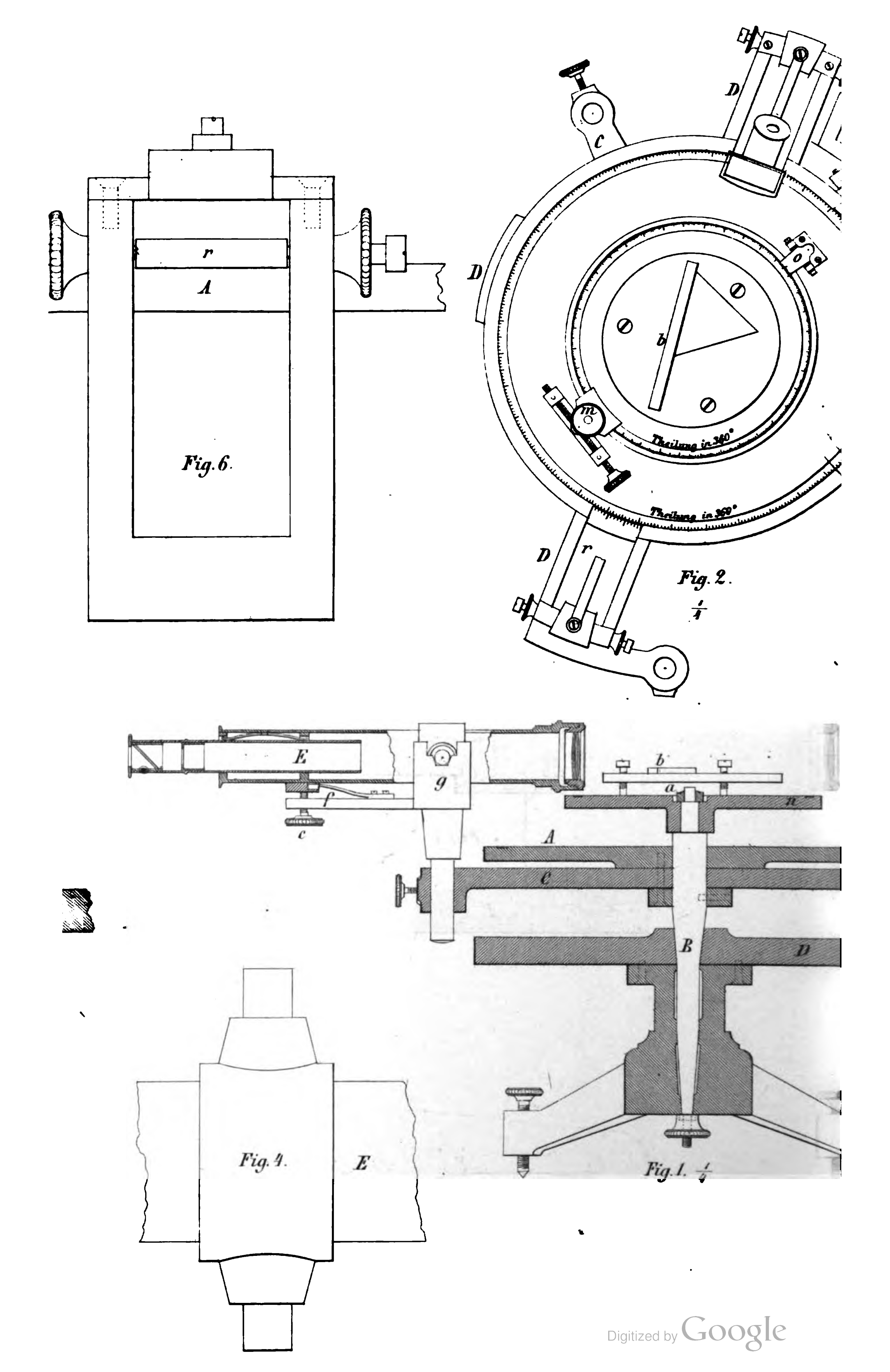

Fig. 7.
E
Fig. 8.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 1a
D
E
β
C
T
P
α
Fig. 2.
γ
β
A
a
Fig. 6.
P
Fig. 3.
Fig. 10.
Fig. 4.
b
a
c
Fig. 5.

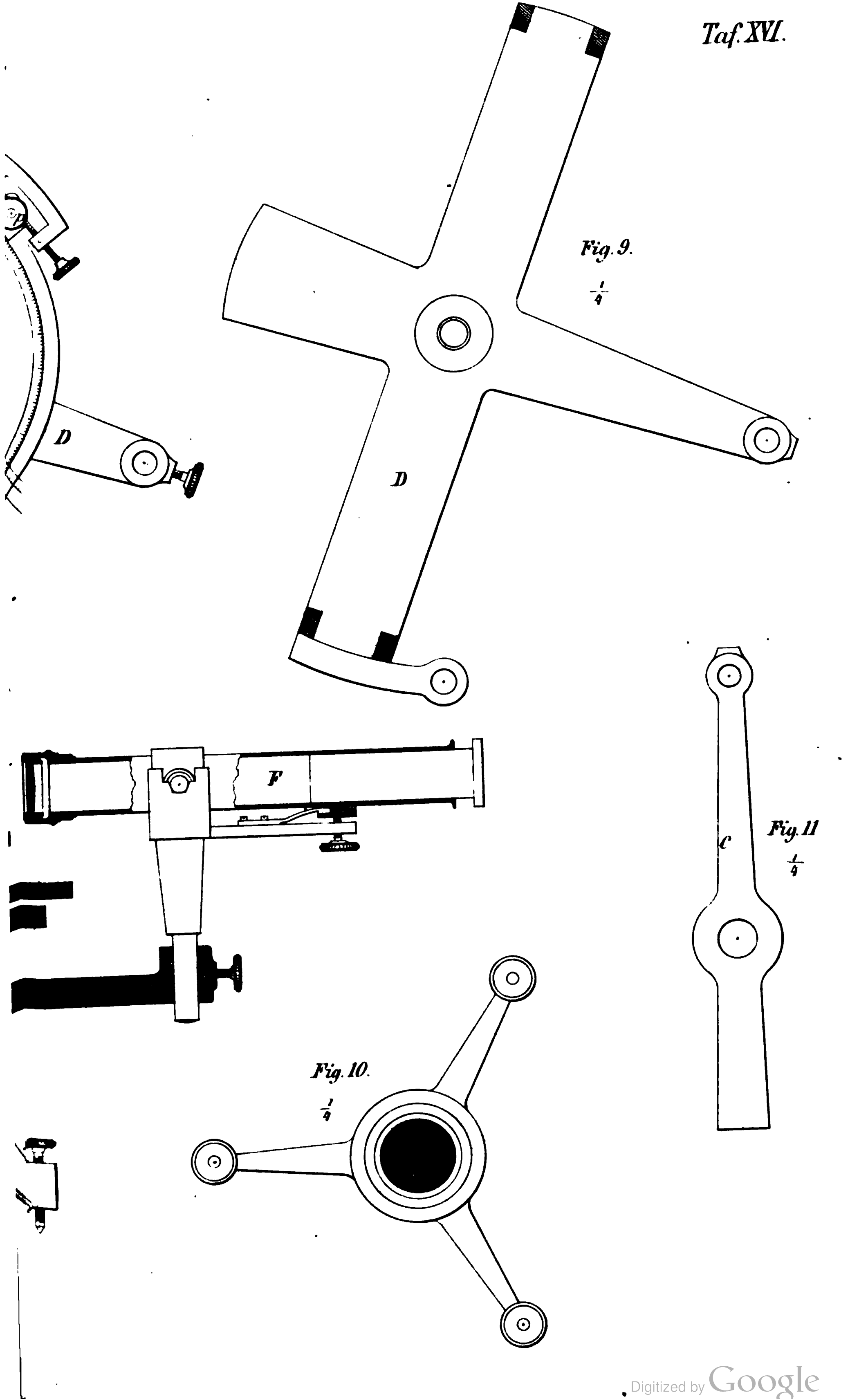

Fig. 2 d
1/4
d
β
m
Fig. 2 e
Fig. 2 c
1/4
Fig. 2 a
a
Fig. 2 b
b
1/4
1/4
μ
Fig.

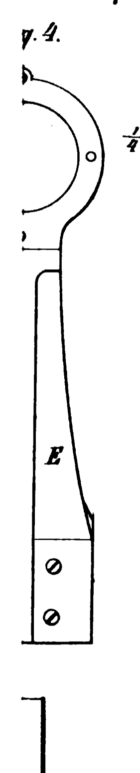

A
ε
δ
β
β
e
m
Fig. 1.
Fig. 1f
λ
m
B
b
Fig 1
c
1/2
a
Fig. 1h
1/2
N
m
Fig. 1g
1/2
Fig. 1 l
1/2
N
Fig. 1k
1/2


Fig. 1
Fig. 2 c
x
Fig. 2 d
Fig. 2 a
Fig. 2 b
A
B

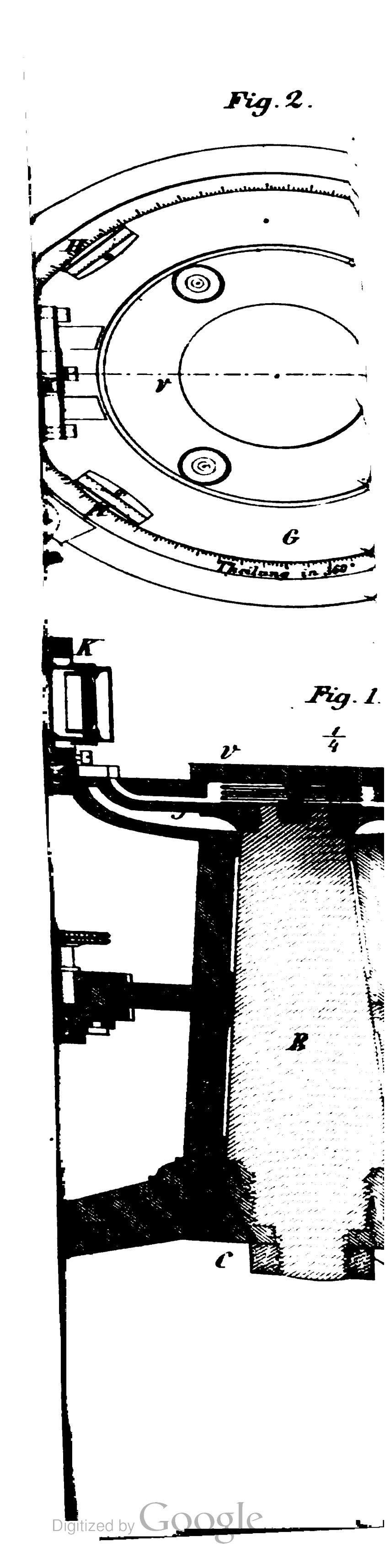

b
Fig. 1.
c
Fig. 1 d
Fig. 1 a
Fig. 1.
1/4
a

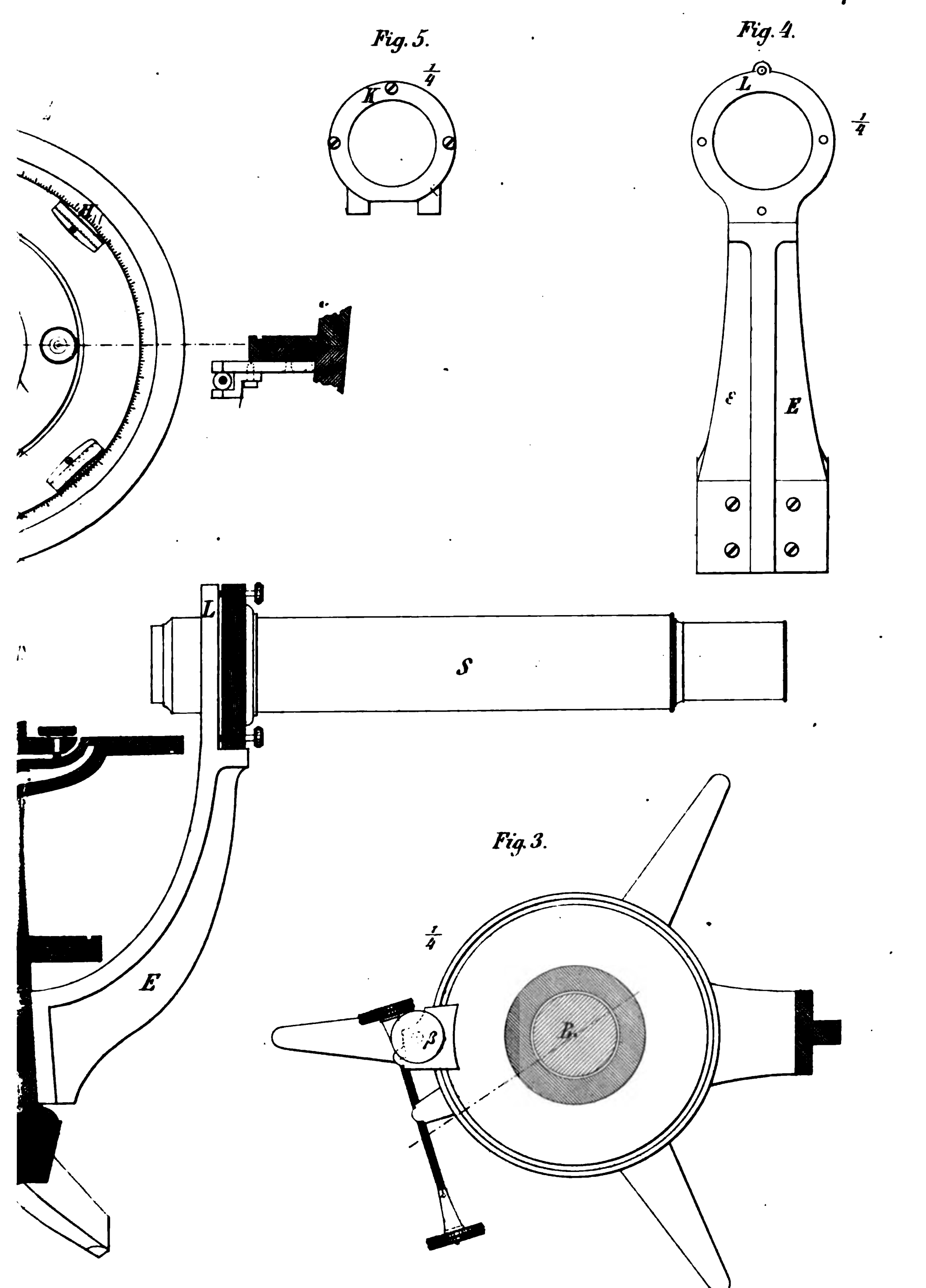

r
A
Fig. 6.
D
C
D
b
m
Theilung in 360°
Theilung in 360°
D
r
Fig. 2.
E
g
b
a
n
f
c
A
C
B
D
Fig. 4.
E
Fig. 1.

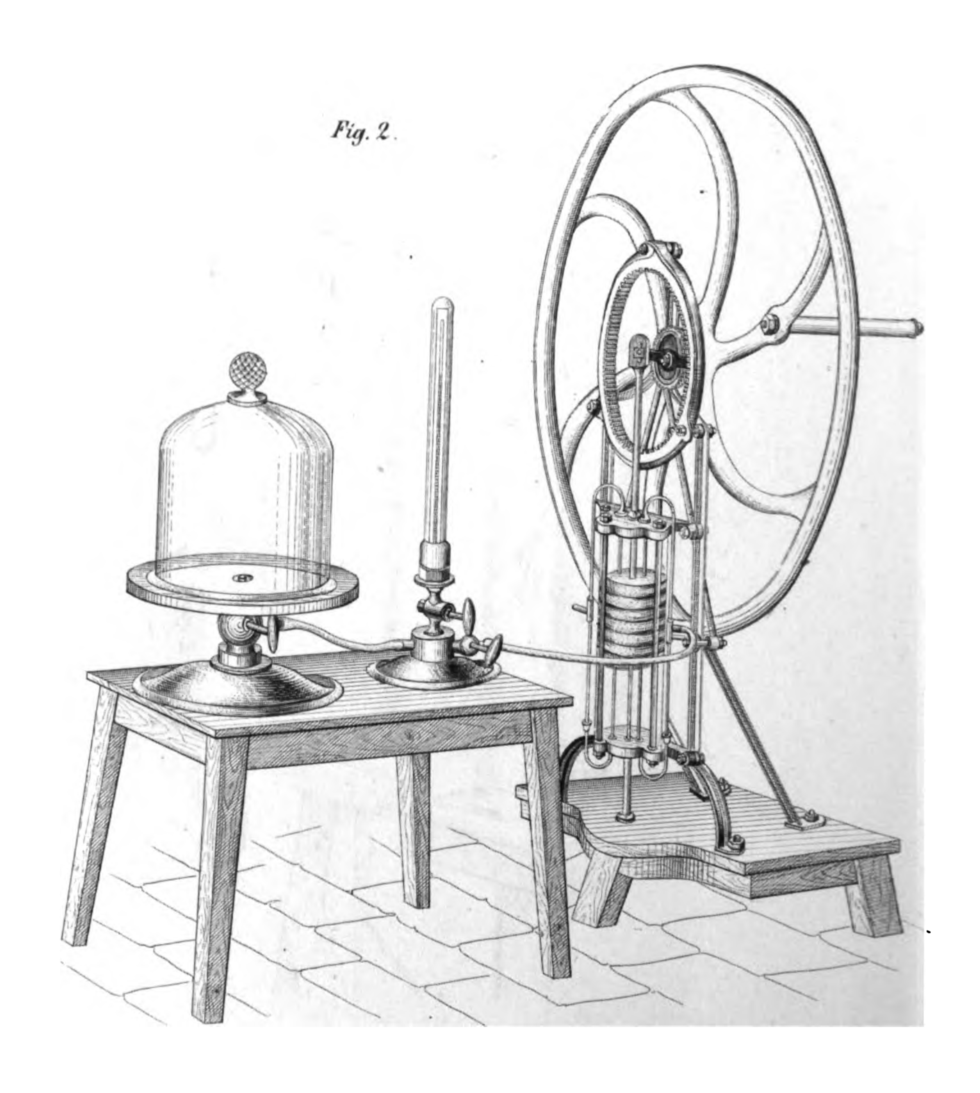

Fig. 9.
1/4
D
D
F
Fig. 11
1/4
C
Fig. 10.
1/4


g. 4.
1/4
E




Fig. 2.
G
Theilung in 360°
K
Fig. 1.
V
1/4
B
C


Fig. 5.
1/4
K
Fig. 4.
L
1/4
ε
E
L
S
E
Fig. 3.
1/4
β
P


Fig. 2.

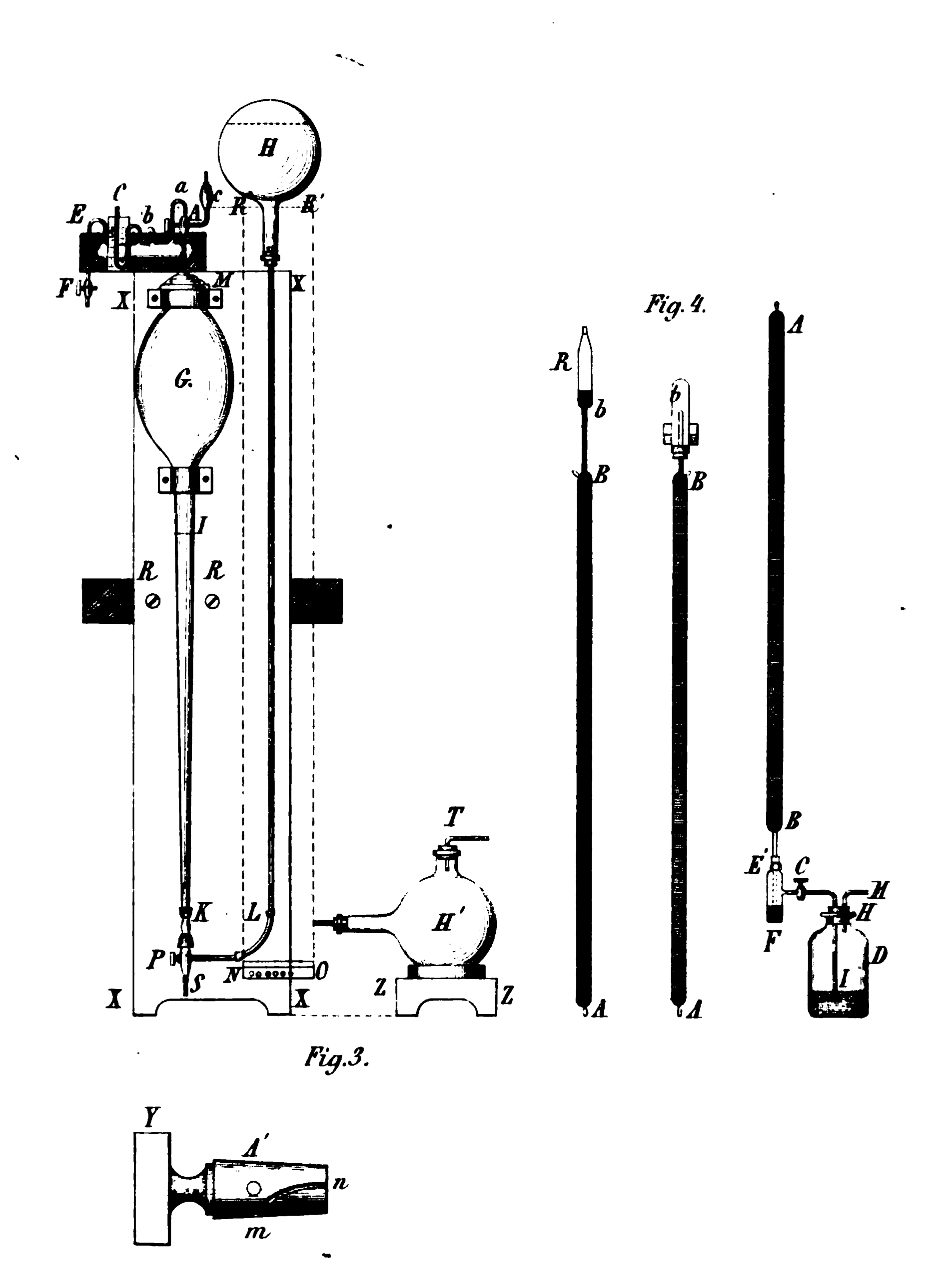
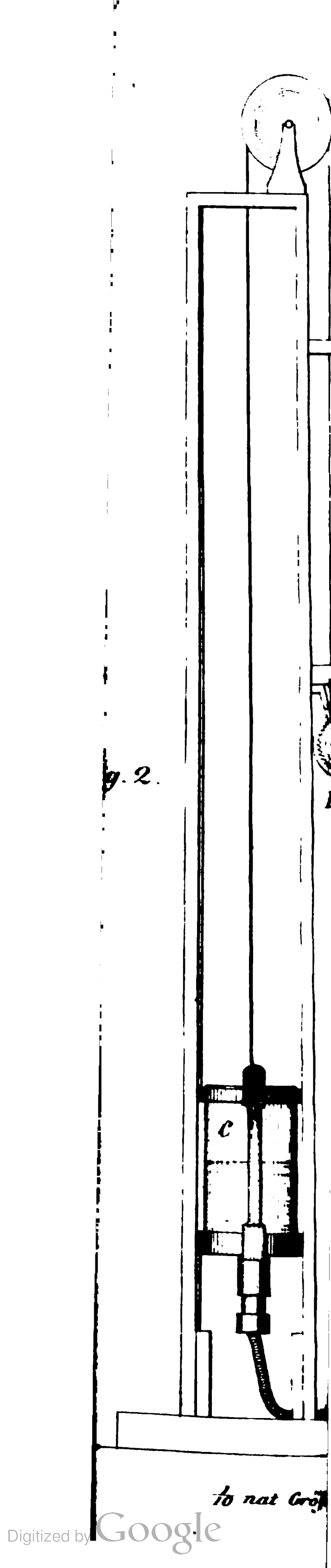
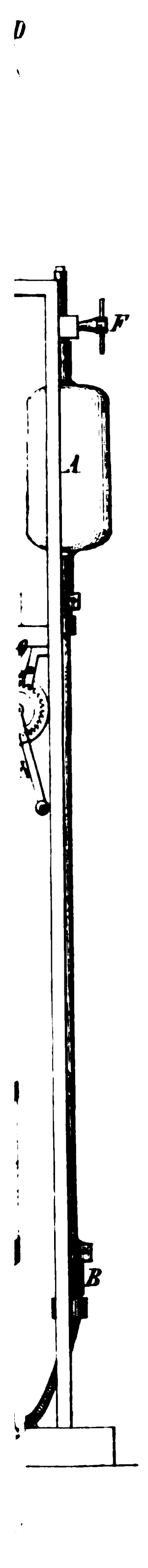

H
C
a
E
b
A
c
R
R'
F
X
M
X
G.
I
R
R
T
K
L
H'
P
N
O
S
X
X
Z
Z
Fig. 4.
R
b
B
A
b
B
A
A
B
E'
C
H
H
F
D
I
A
Y
A'
n
m

Fig. 3.

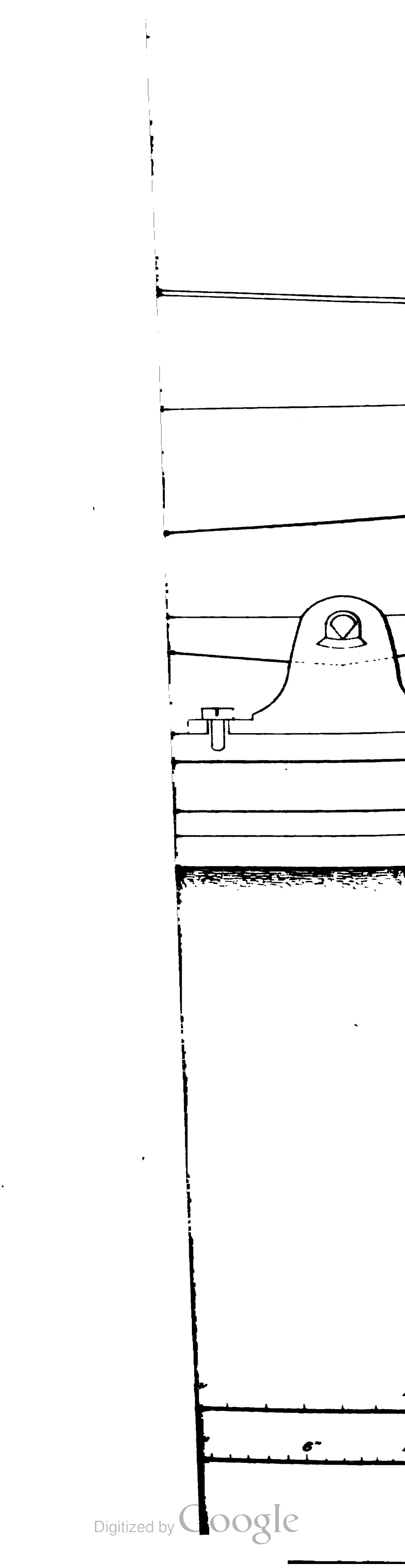

g. 2.
C

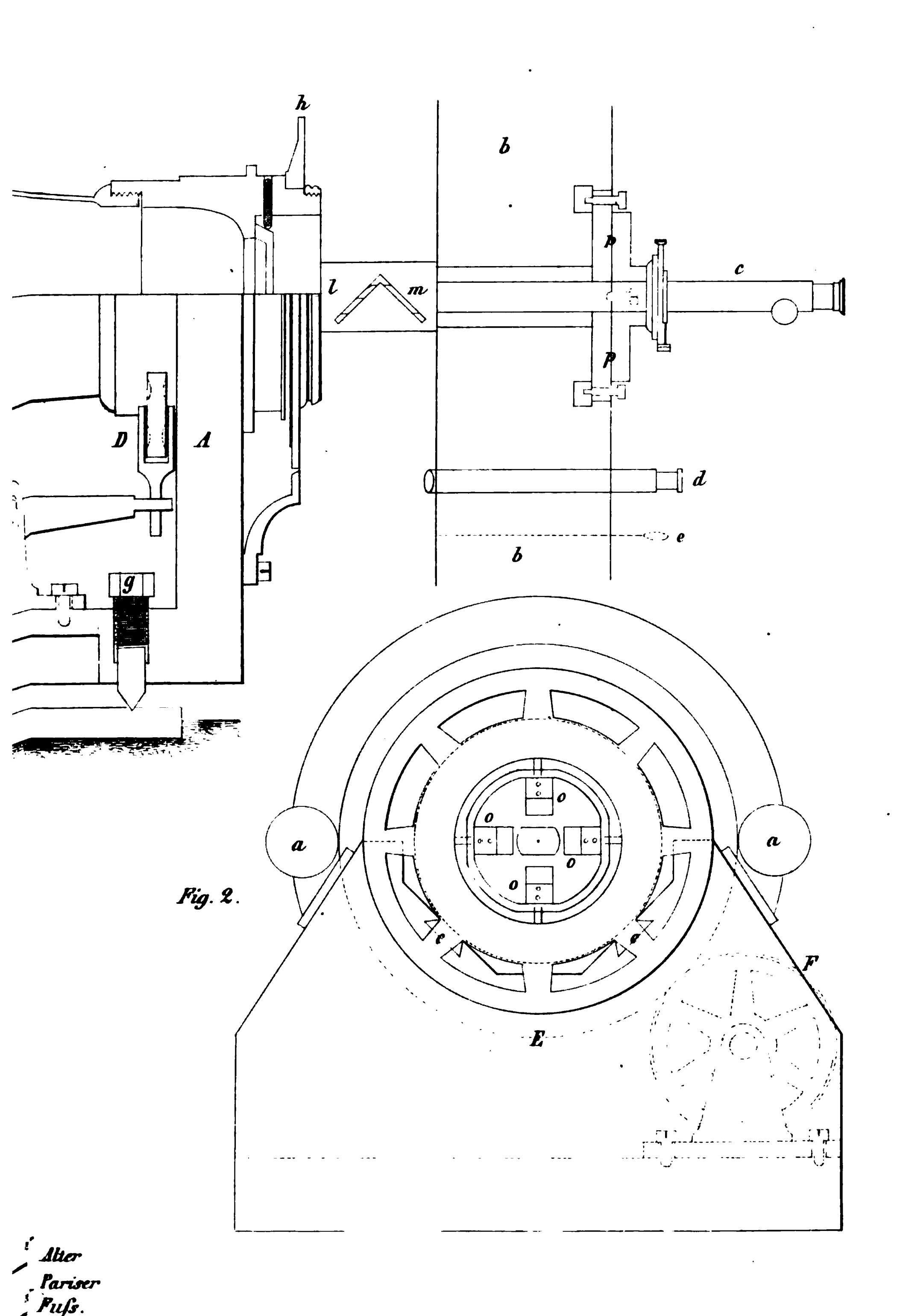


D
F
K
A
G
E
C
B

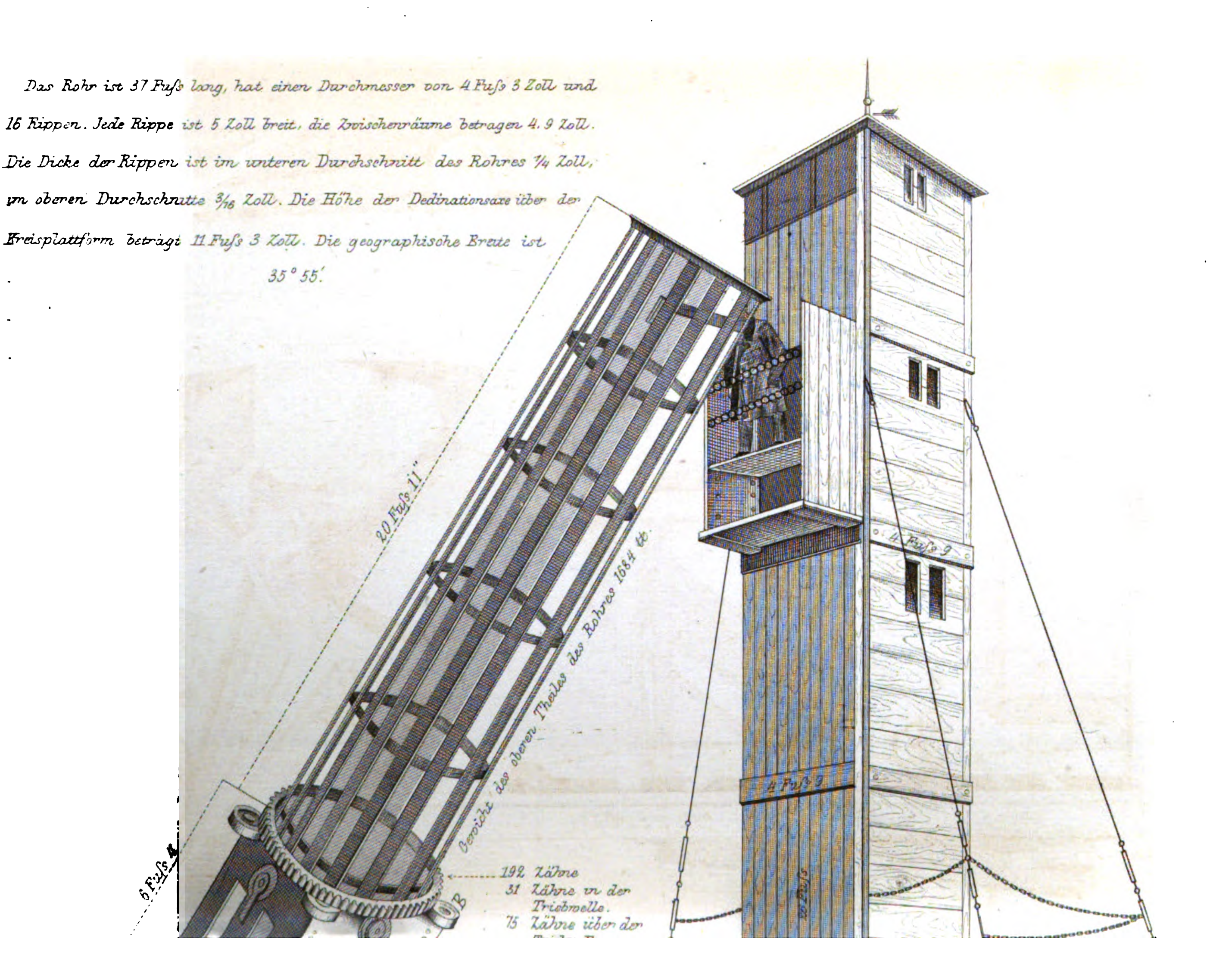
Fig. 3.

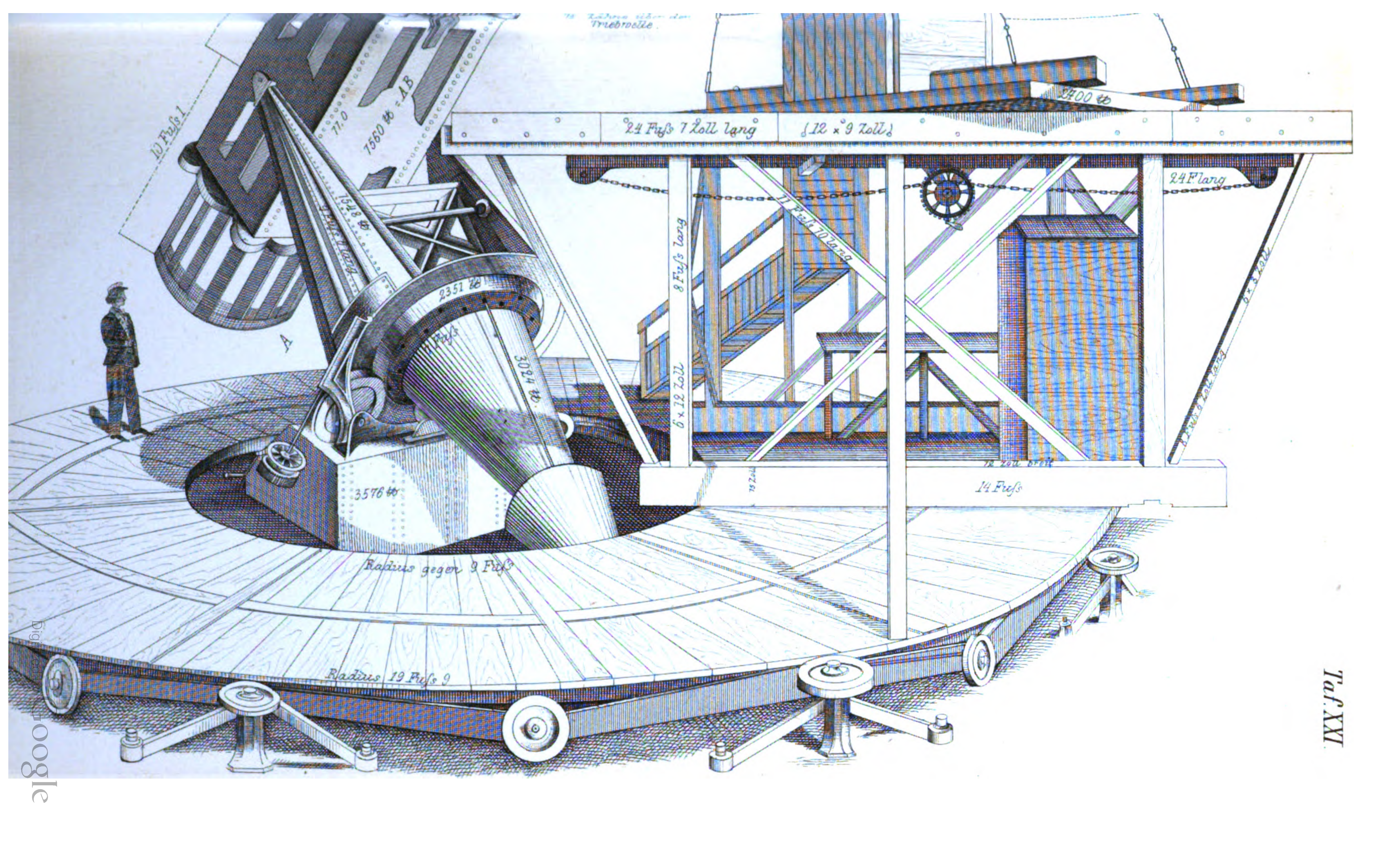
$\frac{1}{10}$ nat. Größe.




h
b
c
p
p
l
m
D
A
d
e
b
g
o
o
o
o
a
a
Fig. 2.
e
e
F
E
Alter
Pariser
Fuss.

Das Rohr ist 37 Fuſs lang, hat einen Durchmesser von 4 Fuſs 3 Zoll und 16 Rippen. Jede Rippe ist 5 Zoll breit, die Zwischenräume betragen 4.9 Zoll. Die Dicke der Rippen ist im unteren Durchschnitt des Rohres 1/4 Zoll, im oberen Durchschnitte 3/16 Zoll. Die Höhe der Declinationsaxe über der Kreisplattform beträgt 11 Fuſs 3 Zoll. Die geographische Breite ist 35° 55'.




Triebrolle
2400 ℔
24 Fuſs 7 Zoll lang
(12 × 9 Zoll)
24 F lang
11 Fuſs 10 lang
8 Fuſs lang
6 × 12 Zoll
14 Fuſs
10 Fuſs 1
11,0
7560 ℔ = AB
1548 ℔
2351 ℔
3024 ℔
3576 ℔
A
Radius gegen 9 Fuſs
Radius 19 Fuſs 9

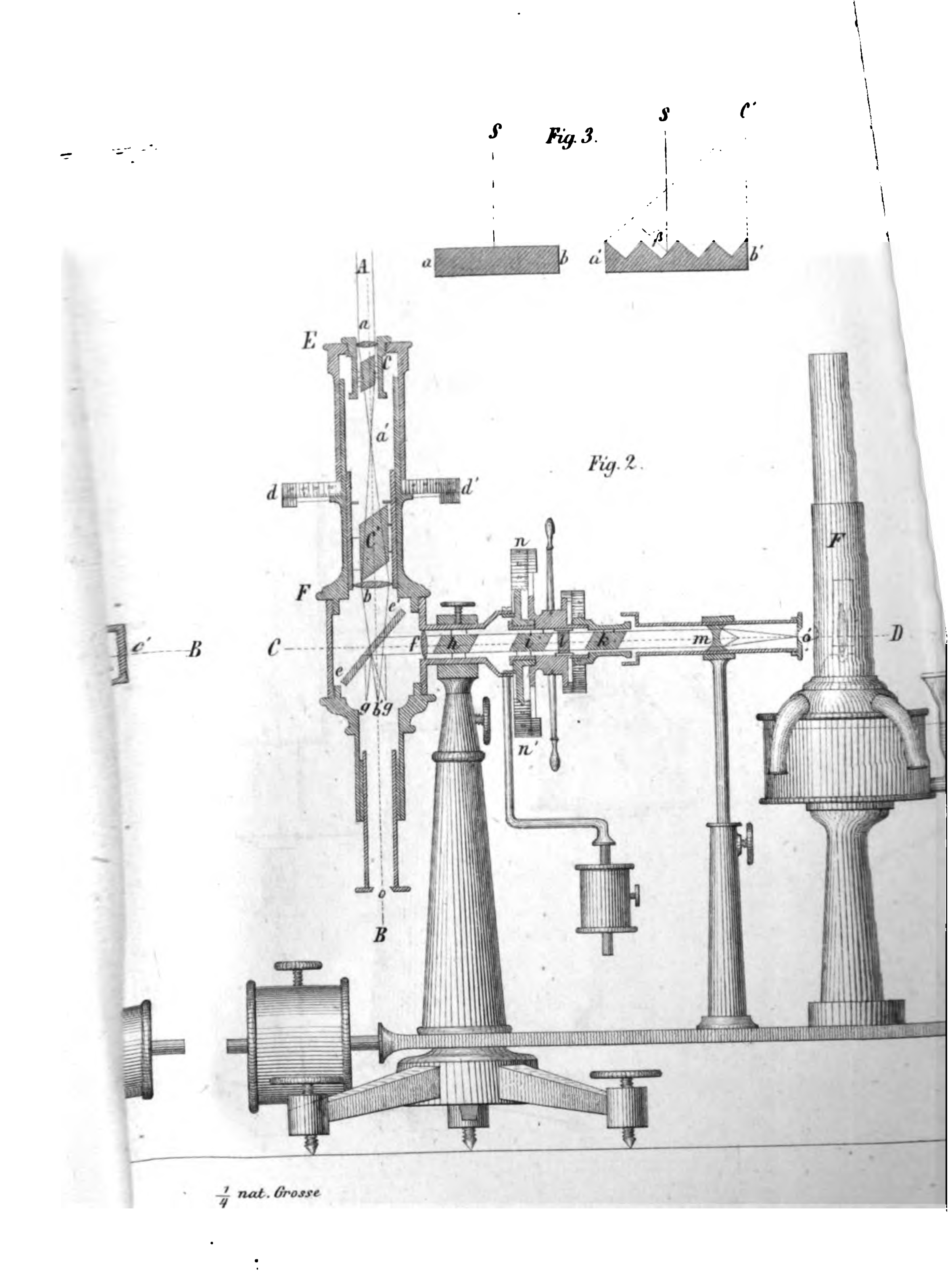
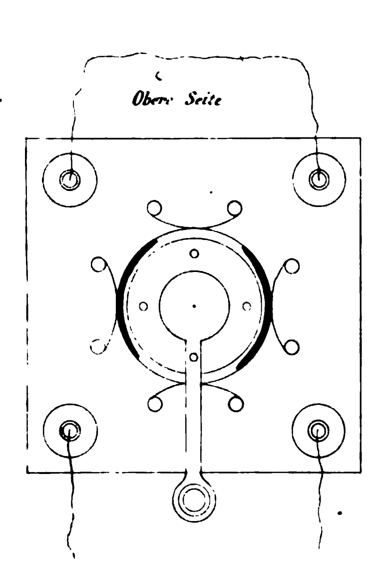

Fig. 3.
S
S
C'
a
b
a'
b'
β
Fig. 2.
A
a
E
c
a'
d
d'
C'
n
F
b
e'
C
B
c'
e
f
h
i
i
k
m
o'
D
F
g
g'
b'
g
n'
o
B
¼ nat. Grosse

Fig. 4.



Untere Seite

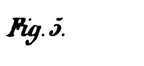


Fig. 5.

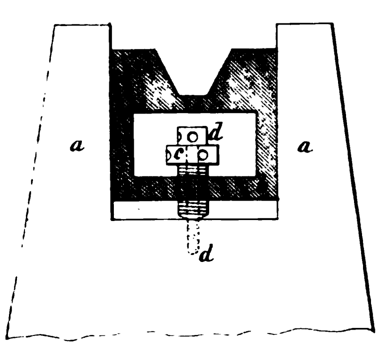
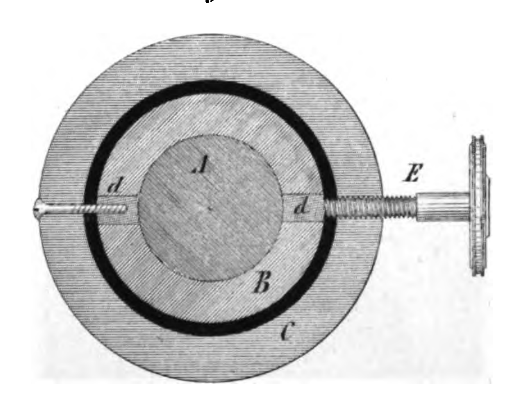
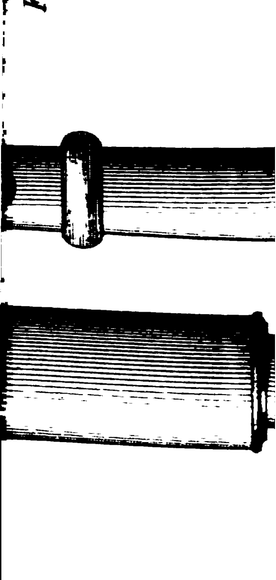
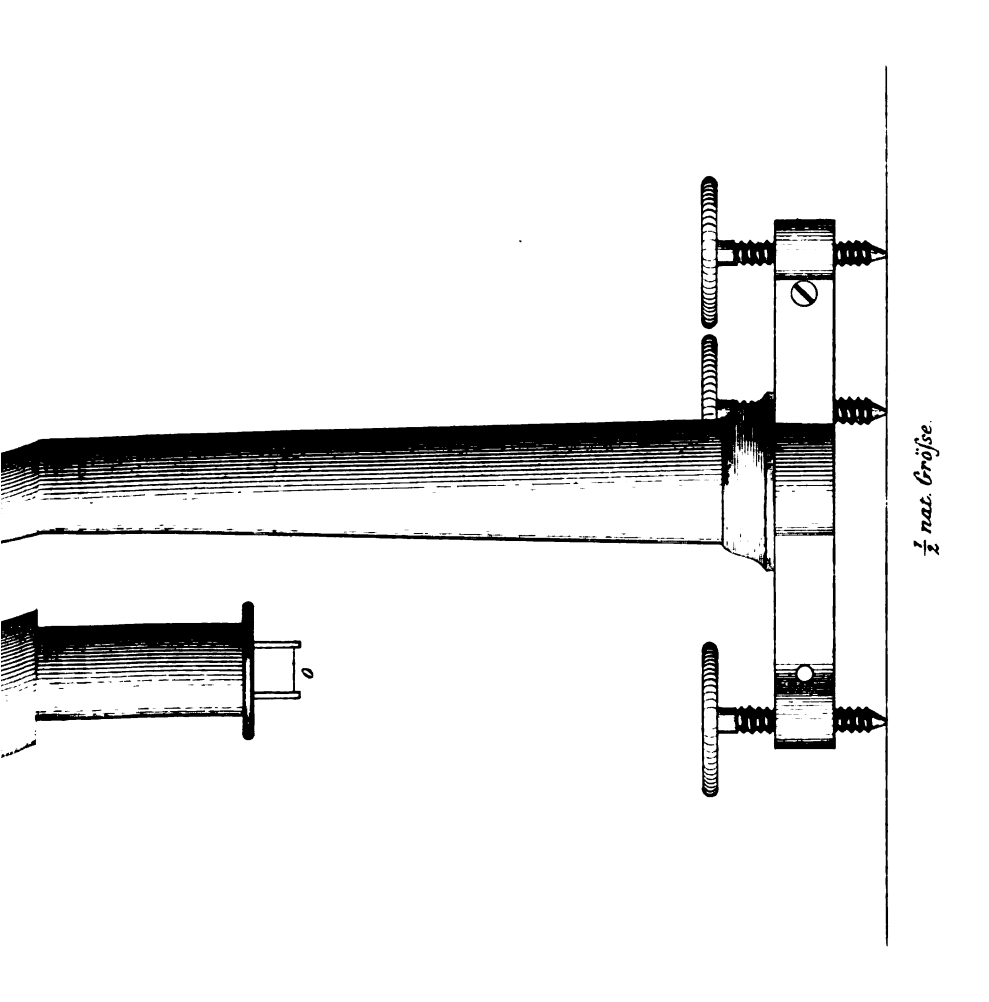
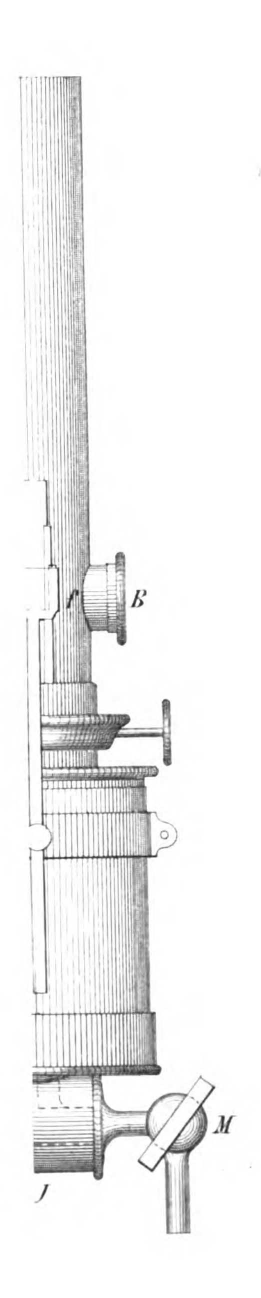


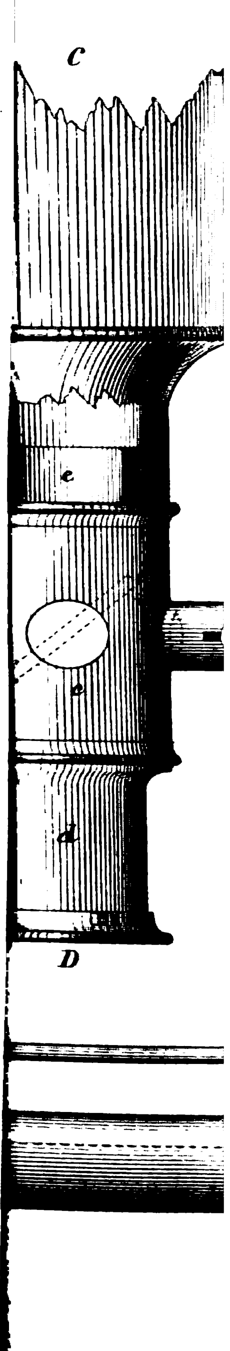
Fig. 6.



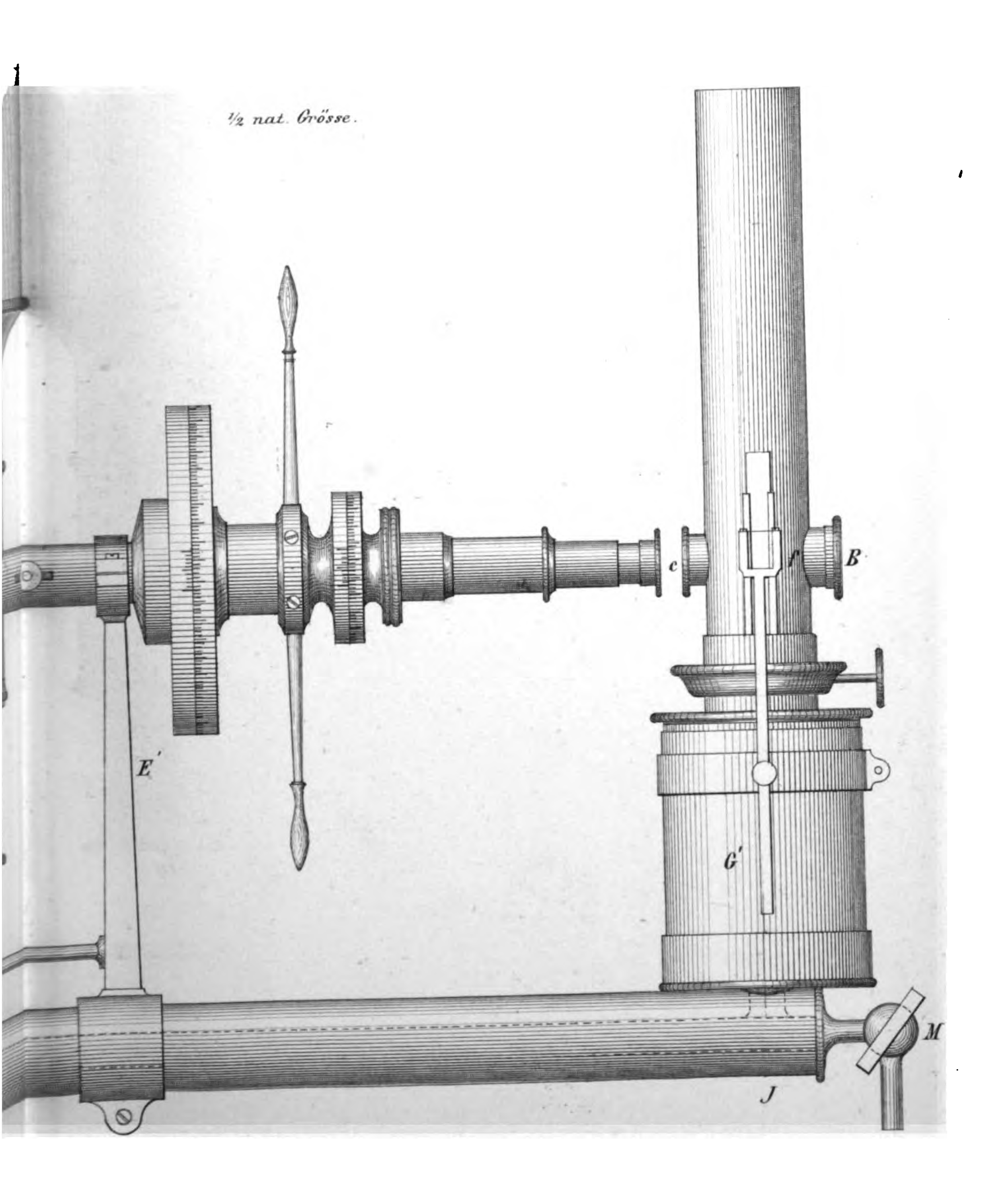


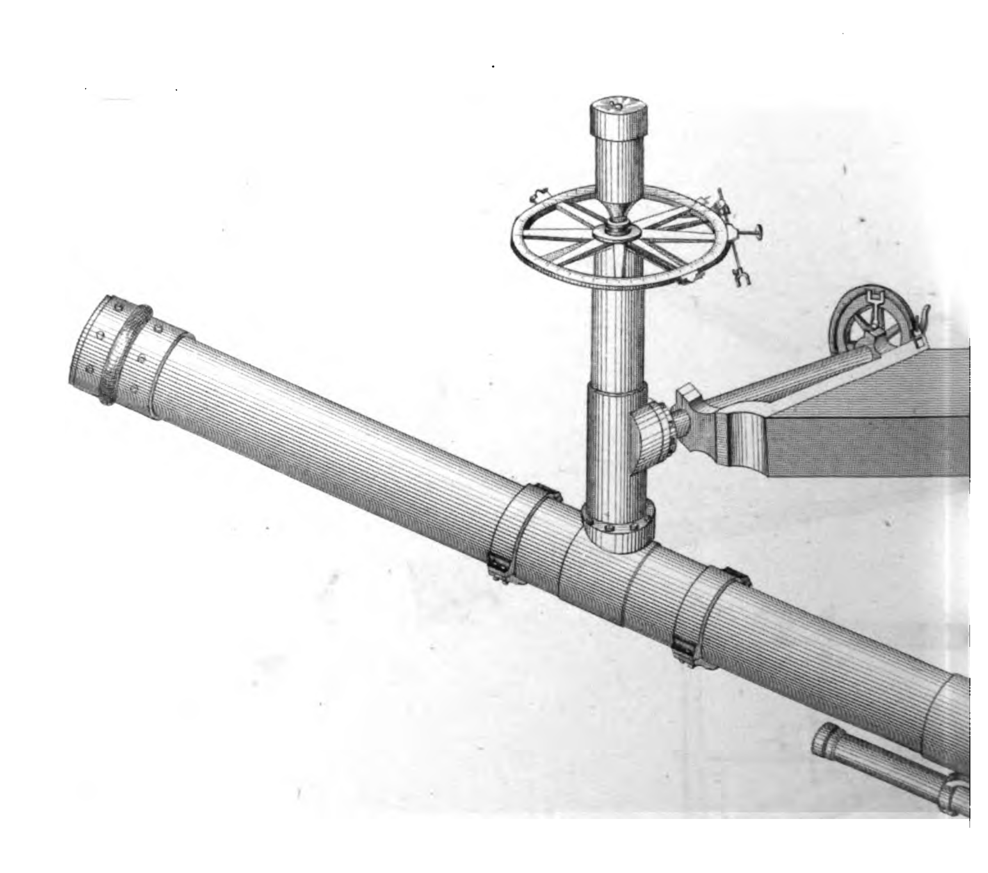

o
½ nat. Grösse

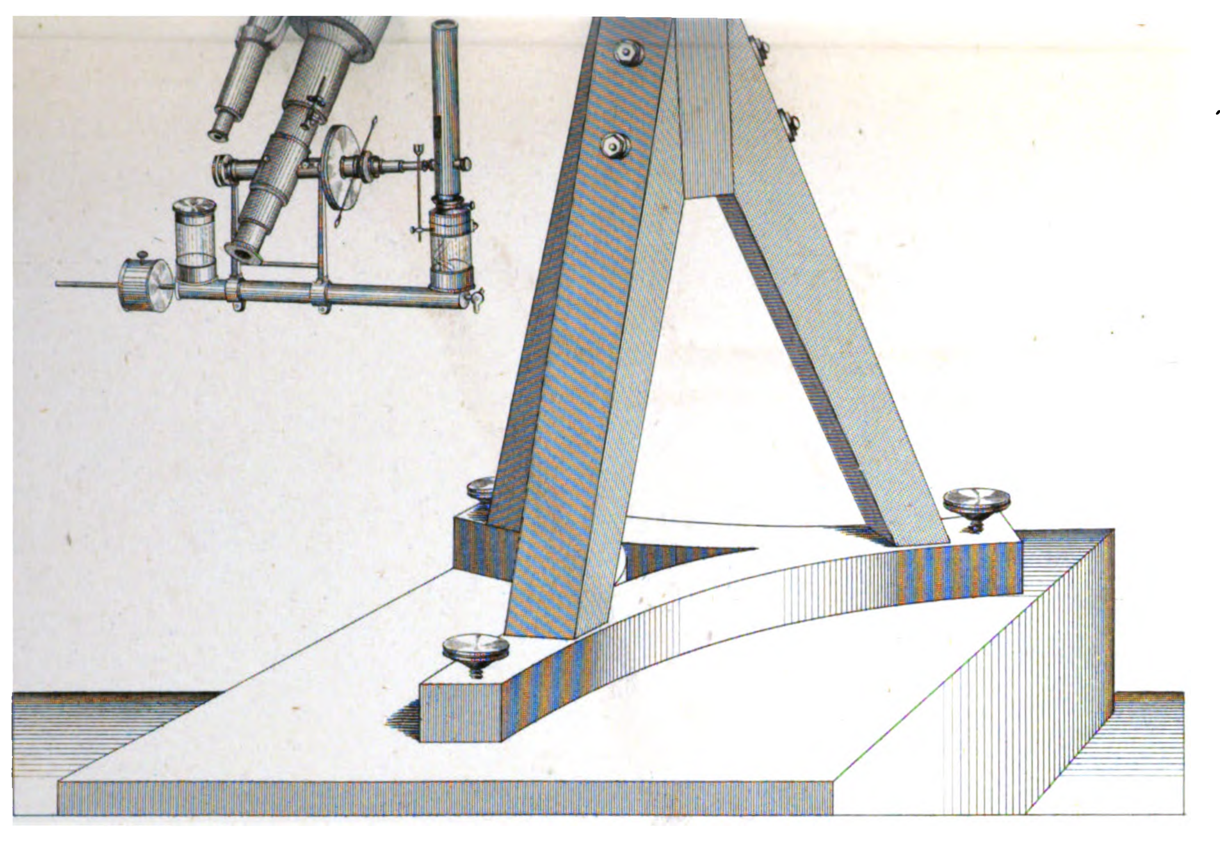

f
B
M
J


C
e
e
d
D

Taf. XXIV.





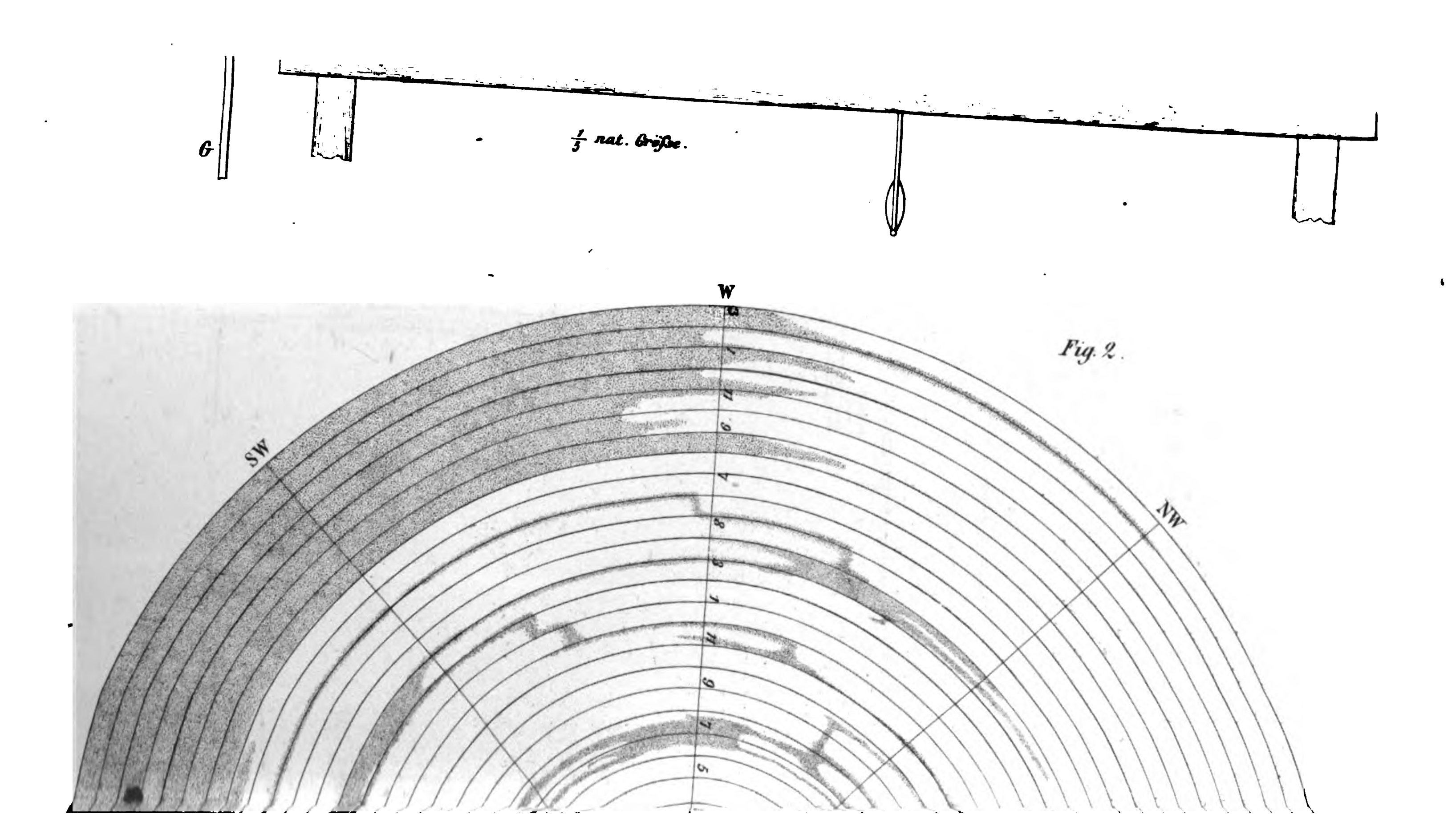


Totalansicht des Zöllner'schen Astrophotometers

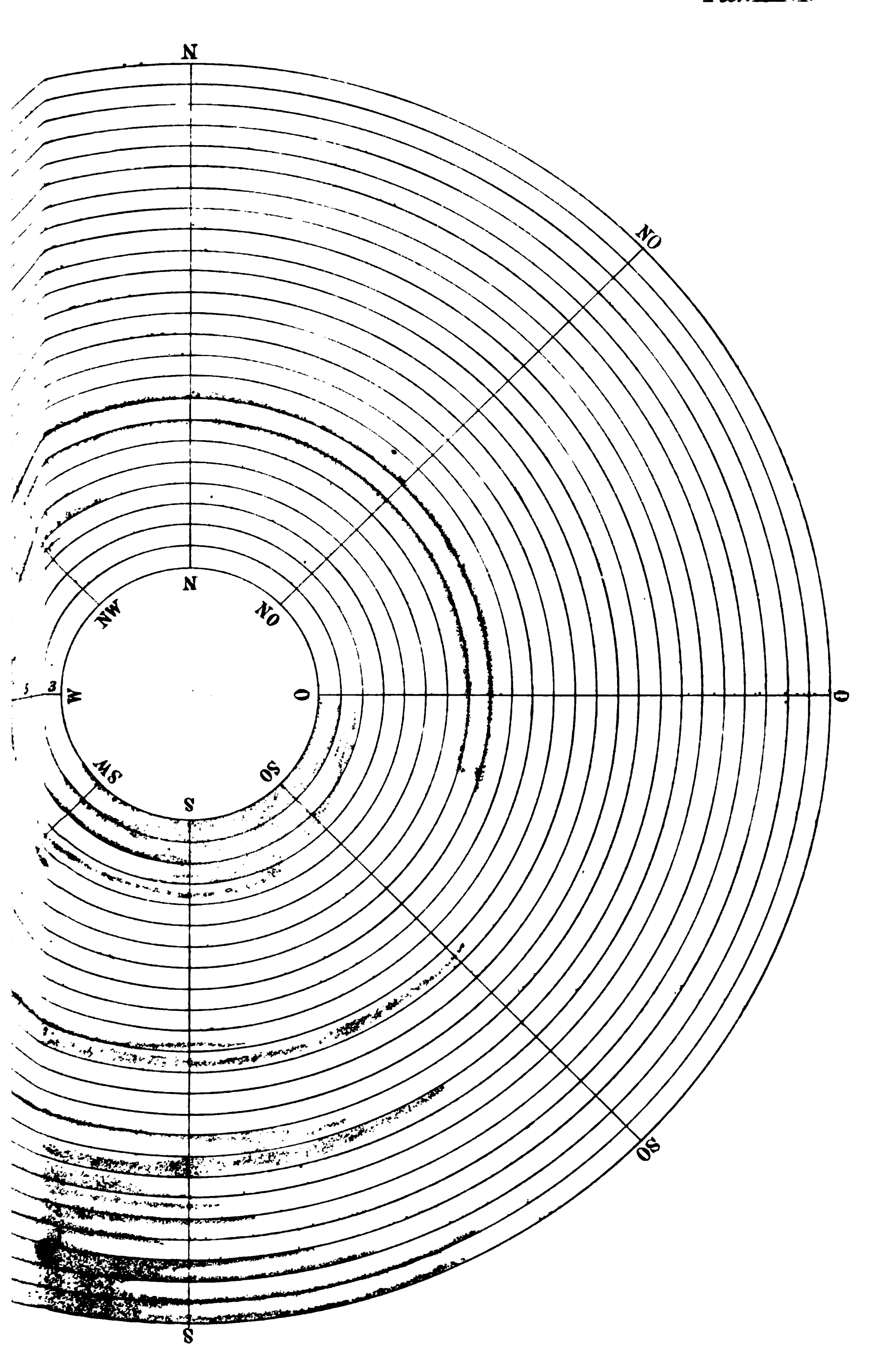
in Verbindung mit dem sechsfüssigen Refractor der Leipziger Sternwarte.

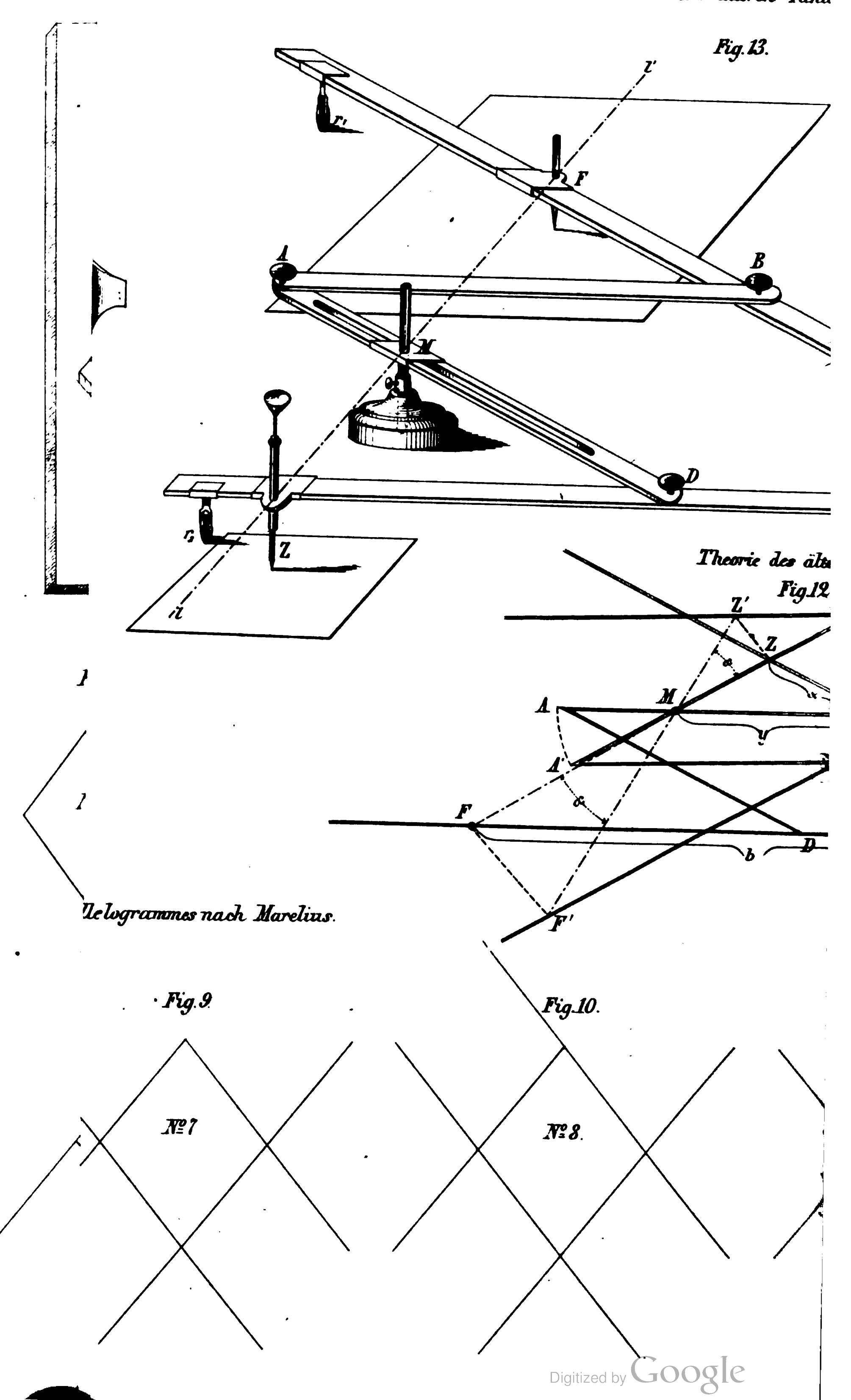
XXVI.




G
1/5 nat. Größe.
W
Fig. 2.
SW
NW

Taf. XXVI.




Fig. 13.
F
A
B
M
D
Z
Theorie des älte
Fig. 12
Z'
Z
M
A
A'
F
b
D
F'
lelogrammes nach Marelius.
Fig. 9
Fig. 10.
№ 7
№ 8.

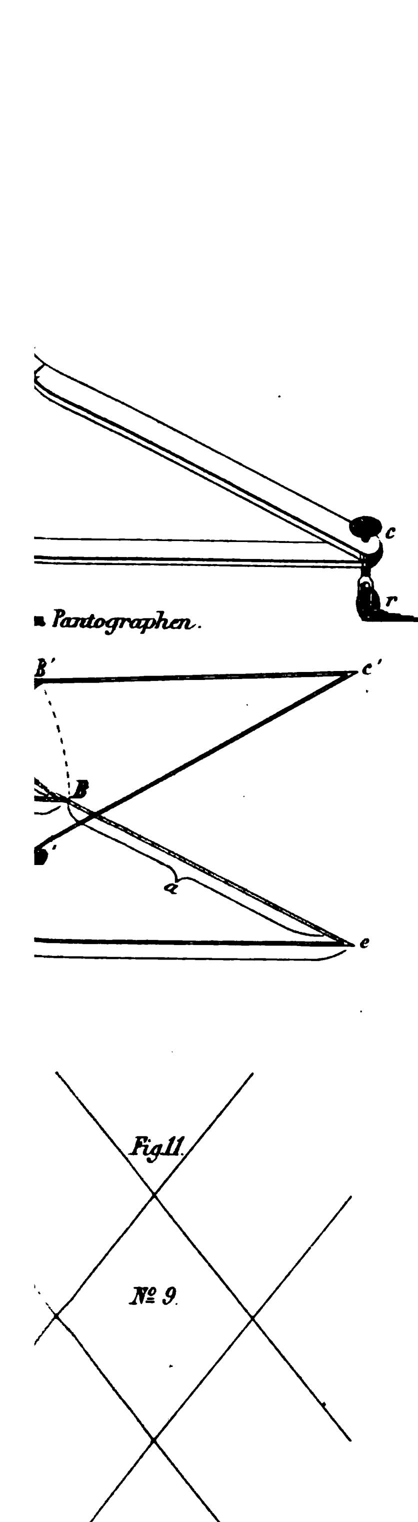


Fig. 14.

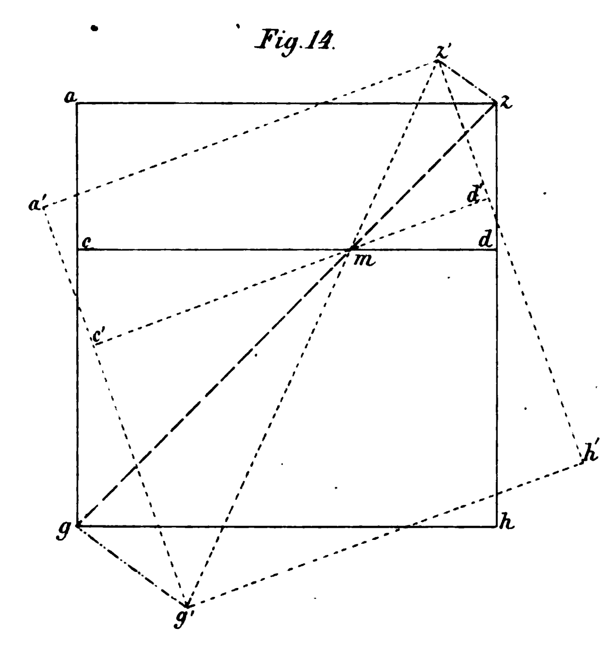


Fig. 14. Theorie,
Fig. 15. Construction
des Mailänder
Pantographen.

Fig. 15.

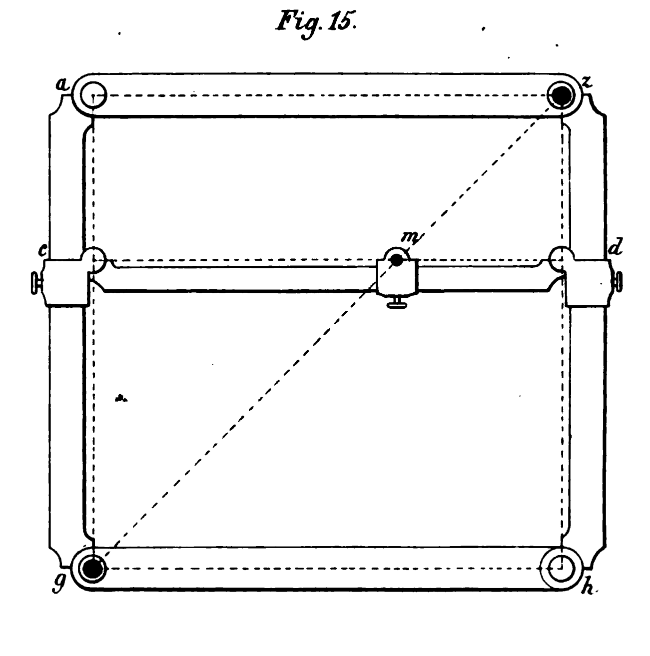


Fig. 19.

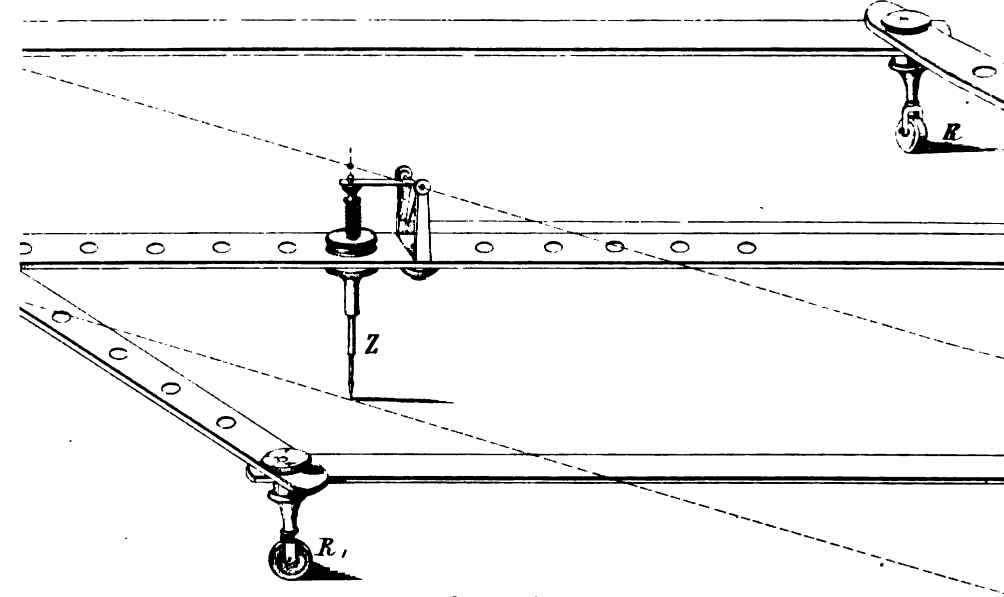
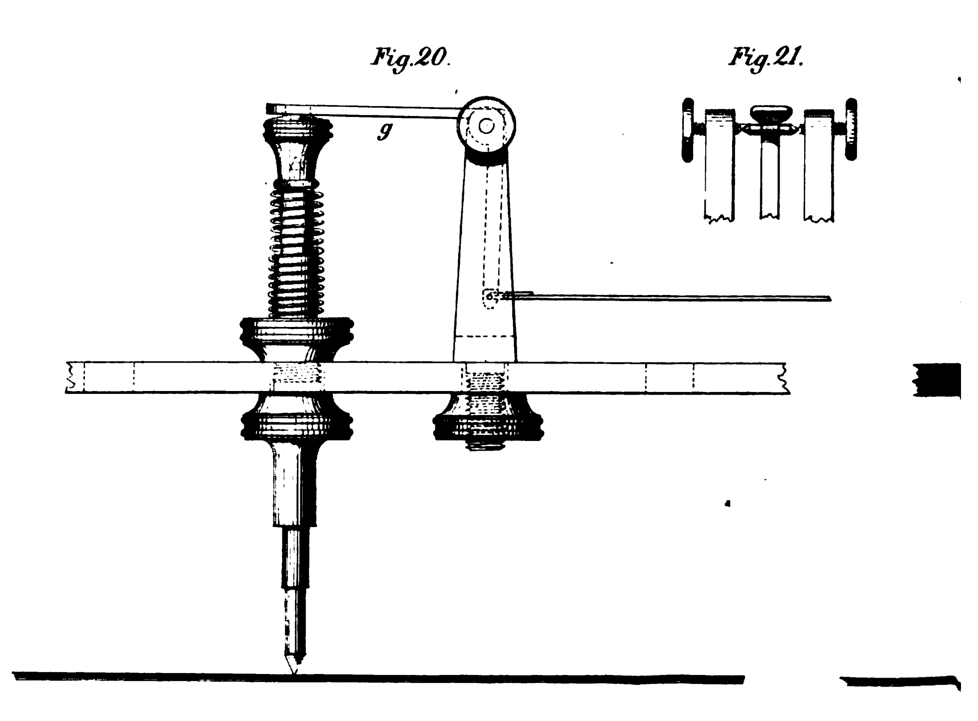
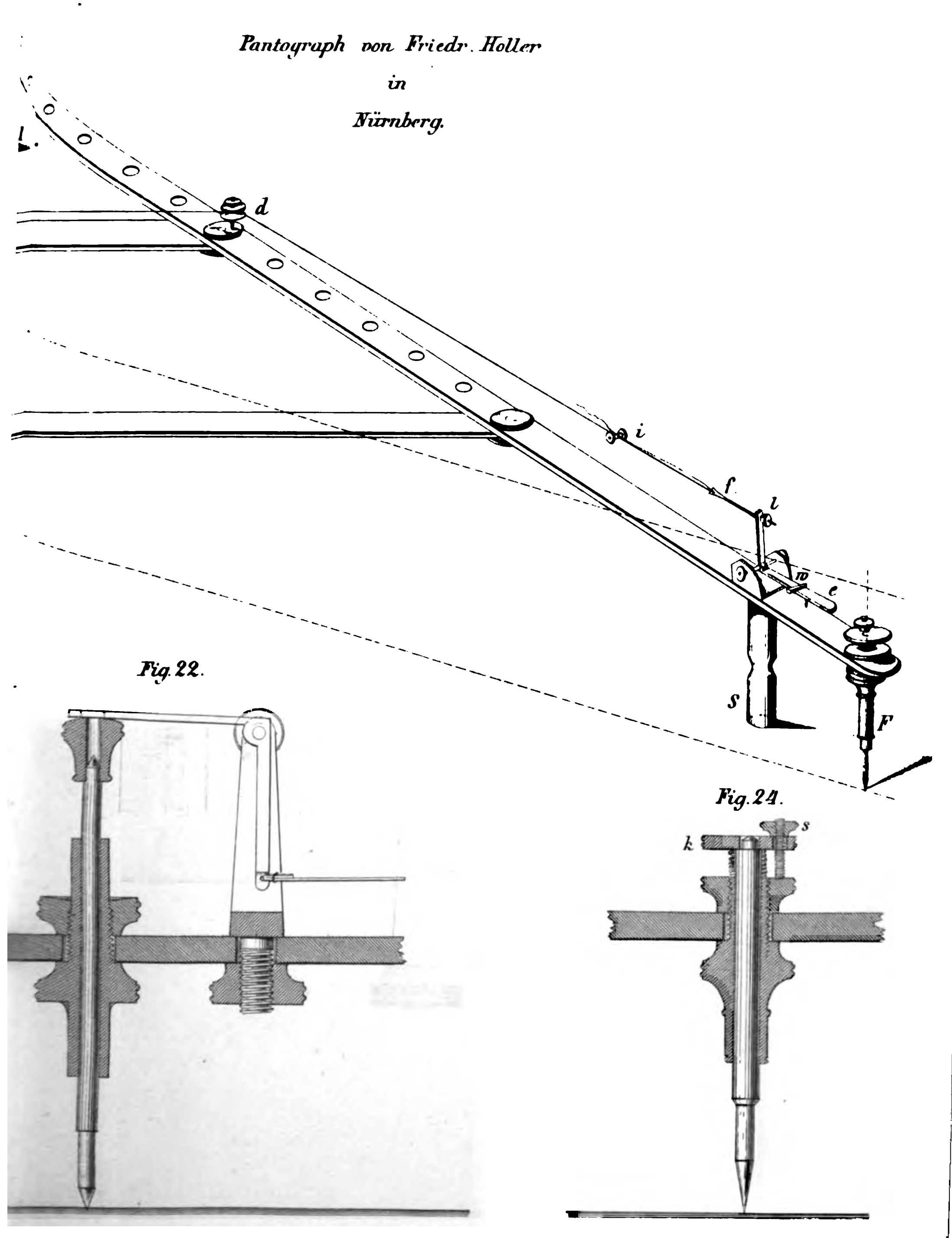


Fig. 20 bis 24: Details zu dem Pantographen von Holler.

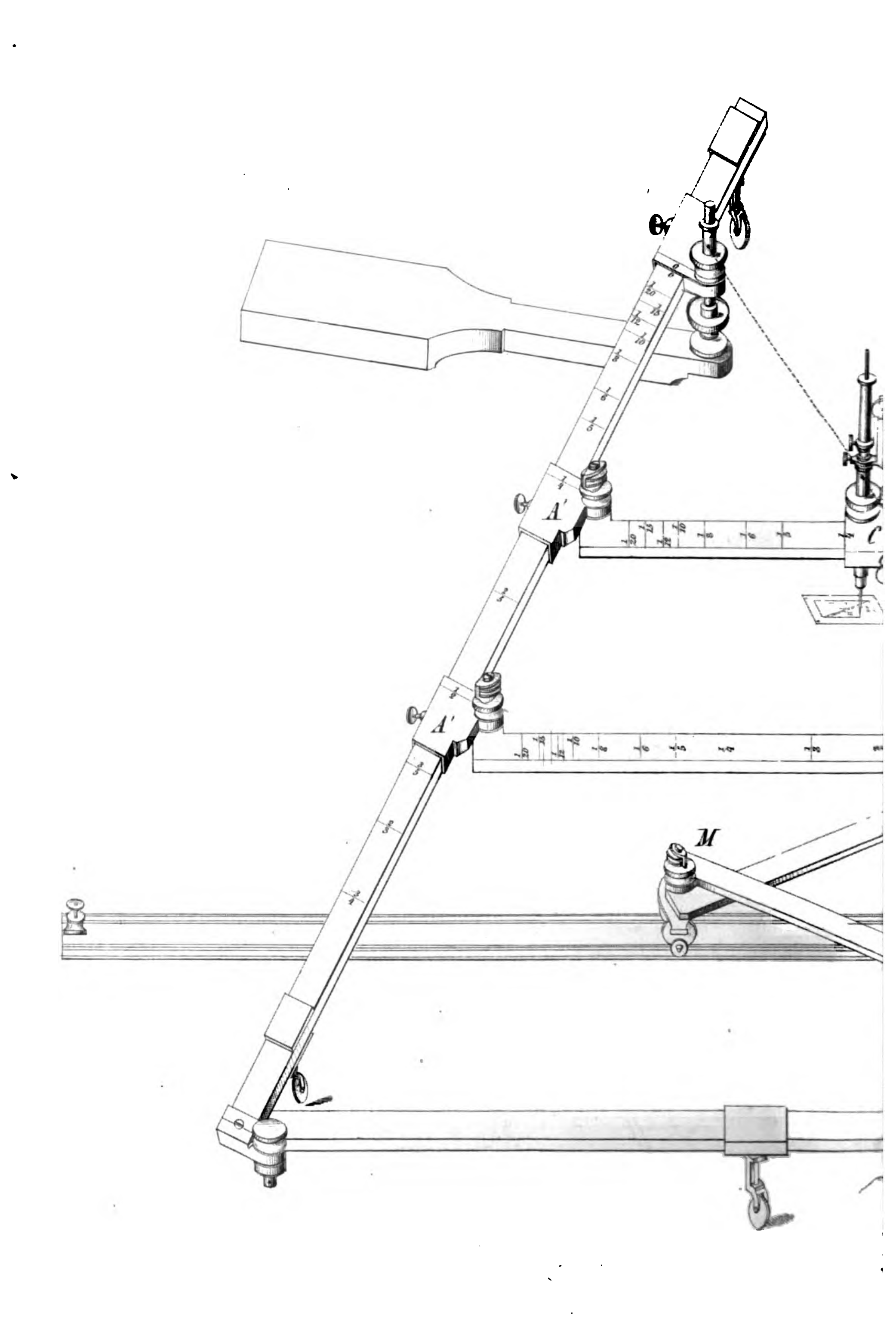
Fig. 20.

Fig. 21.





-kliche Größe.


A'
A'
C
M

Pantograph von Gavard in Paris.

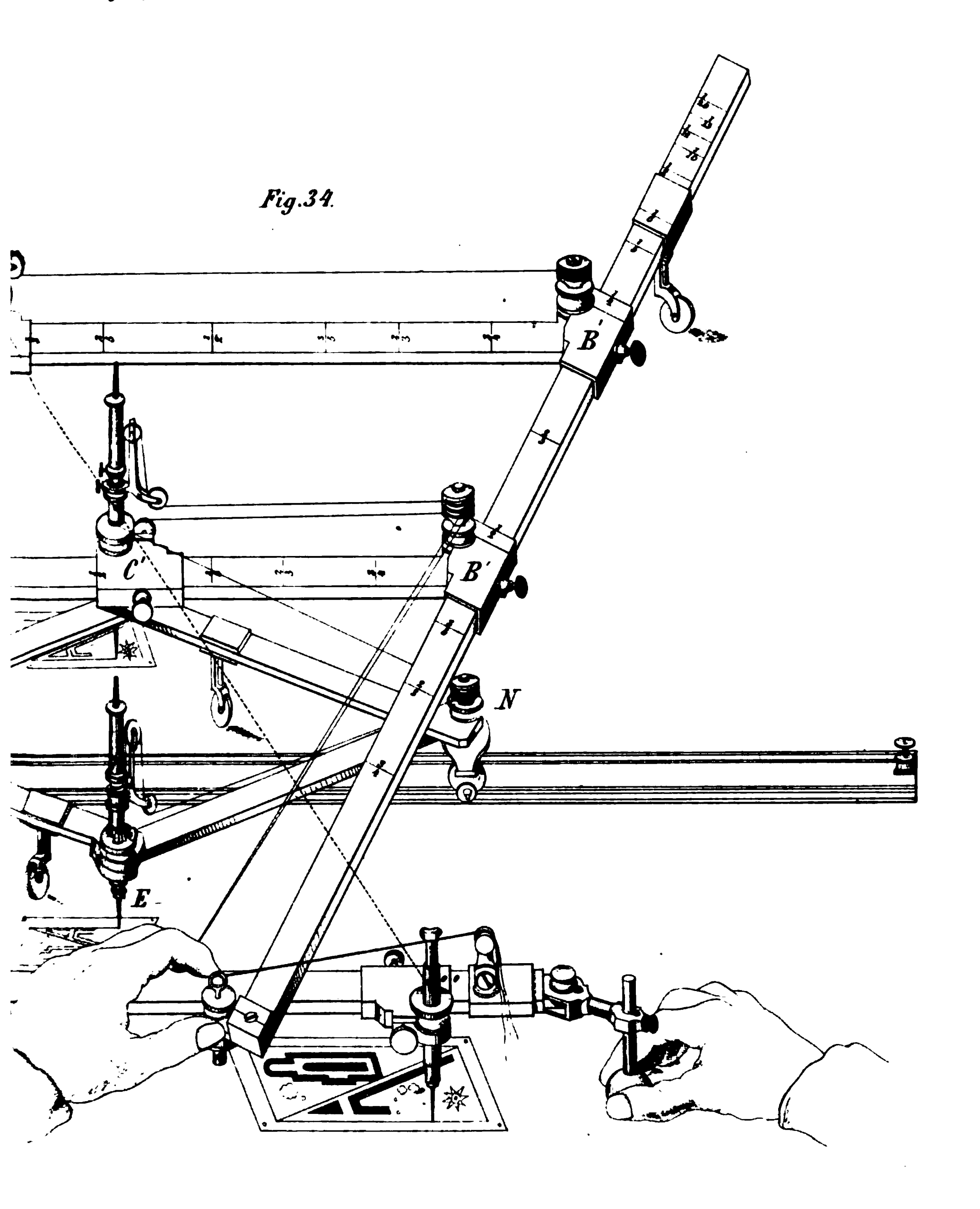


Fig. 34.

Pantograph von Ertl und Sohn in München.

Fig. 41.

r Pantograph.

Fig. 36.

Fig. 39.

Fig. 40.

Fig. 37.

Fig. 38.



Pantograph von Breithaupt in Cassel.

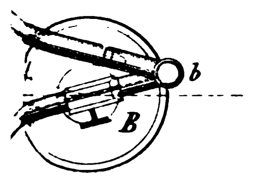


Fig. 25.

B

C

Details zum Pantographen von Breithaupt in Cassel.

Bewegungsstück B.

Fig 30.

Horizontale Projection.

Seiten-Ansicht.

Fig 31.

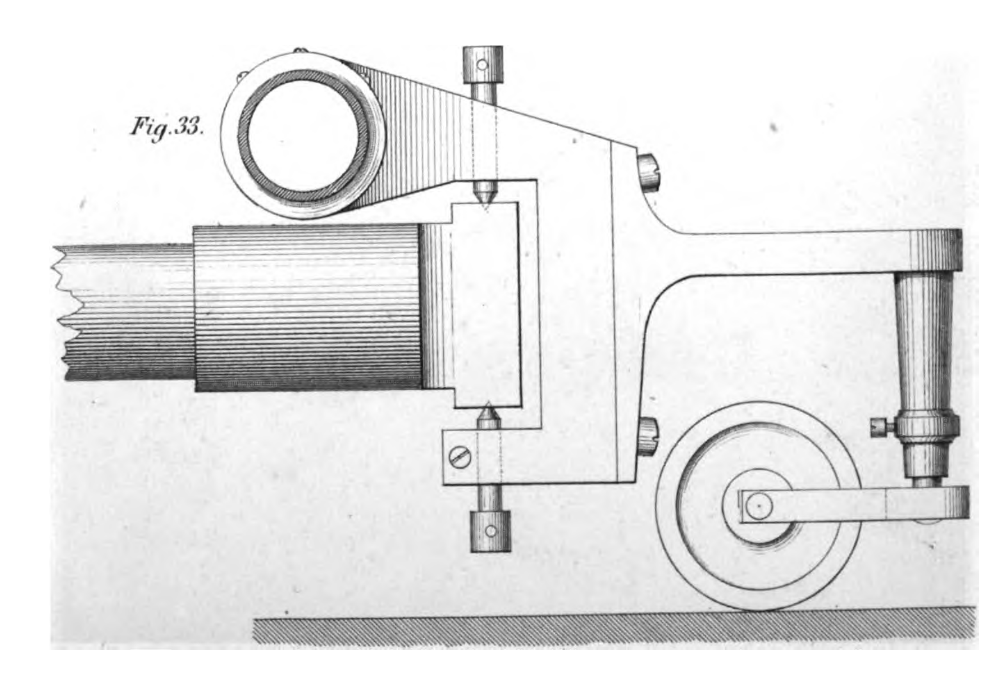
Wirkliche Grösse.

Bewegungsstück C.

Fig. 32.

Horizontale Projection.

Seiten-Ansicht.



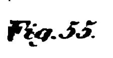
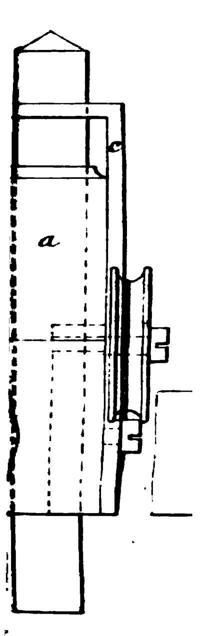
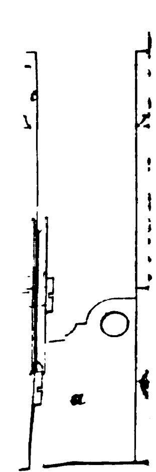


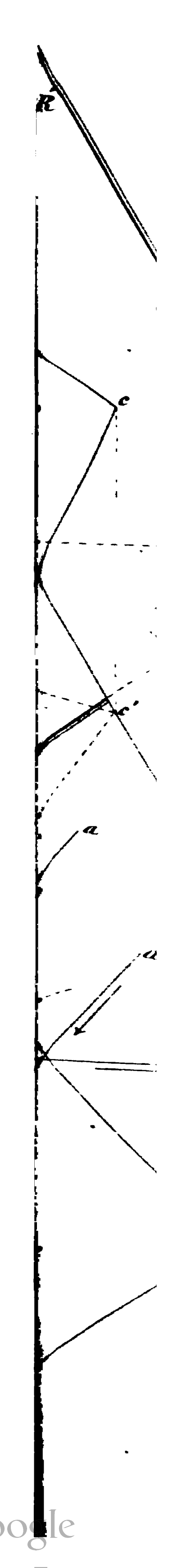
Fig. 55.










R
c
c'
a

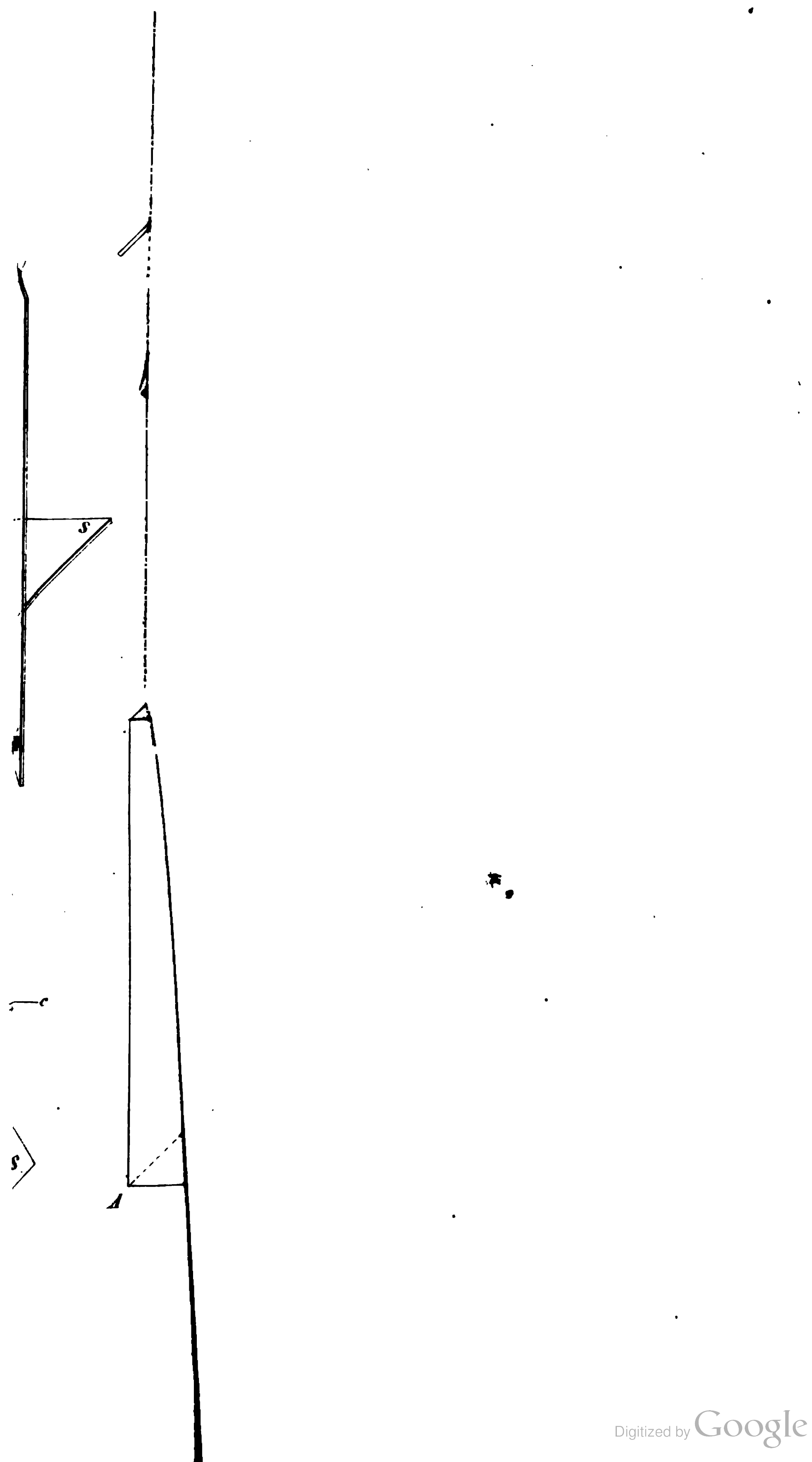


Fig. 11.

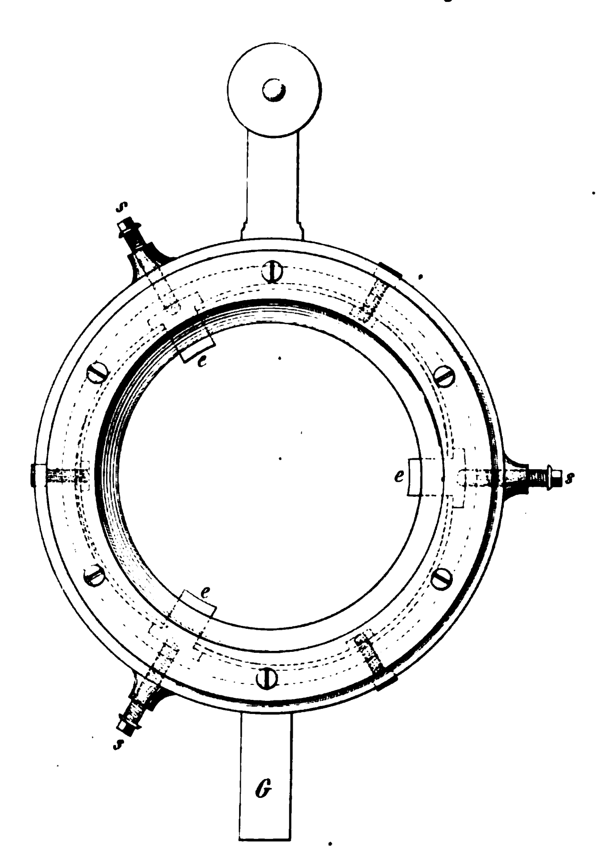
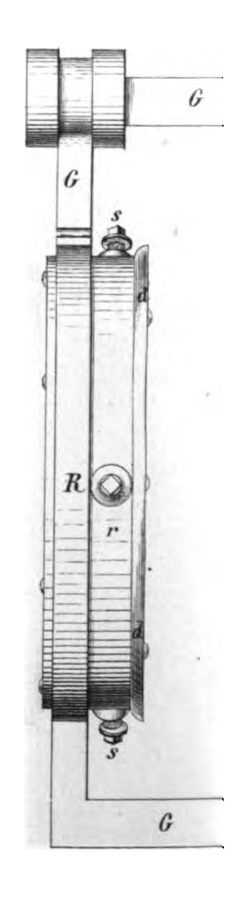


Fig. 12.



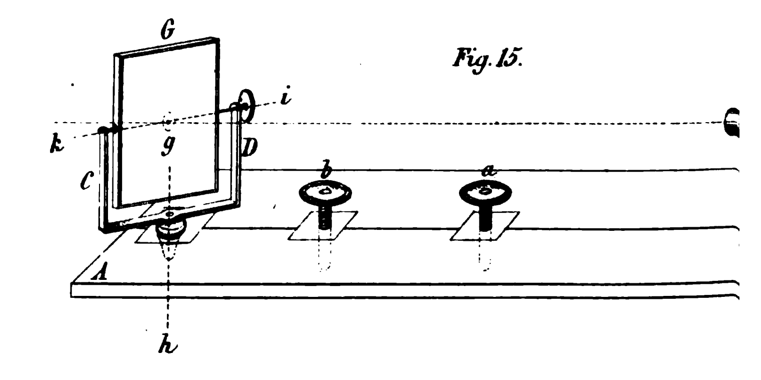


Fig. 15.

Taf XXXIV.

Fig. 13.

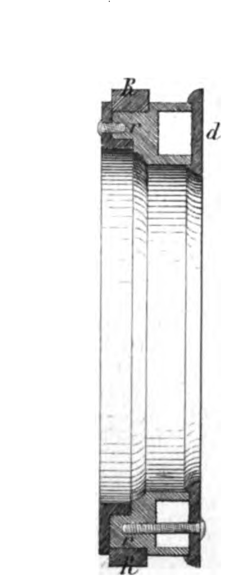
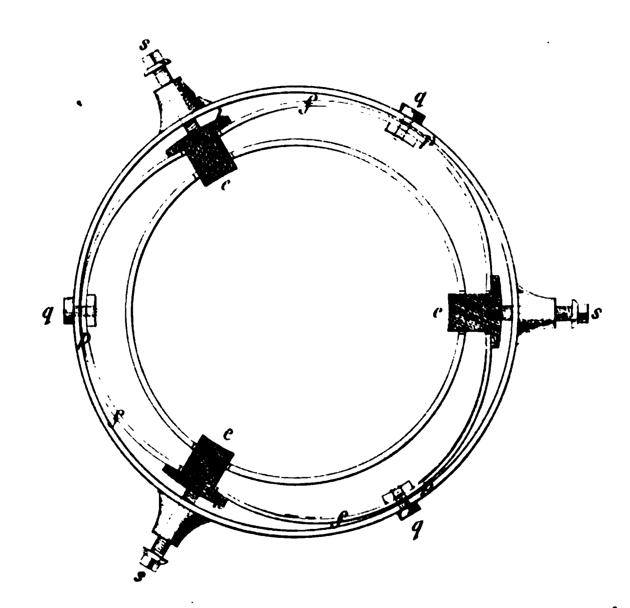
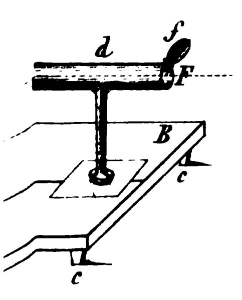
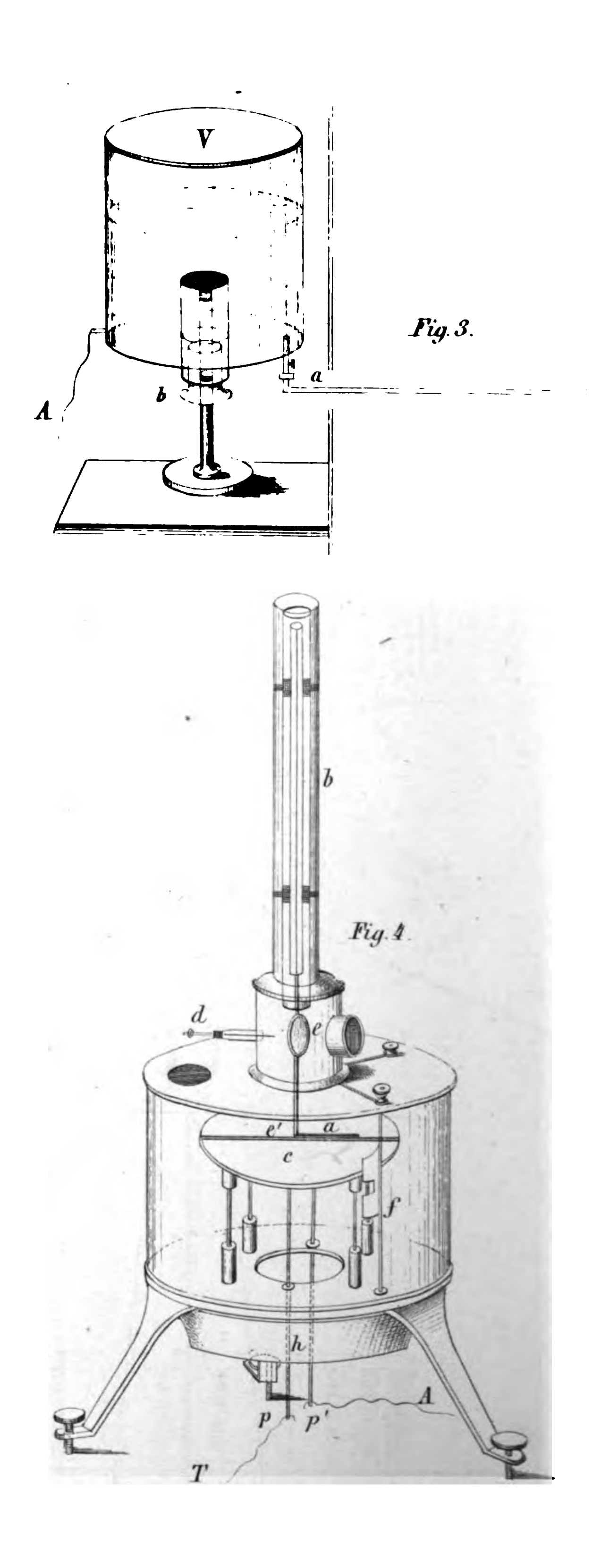
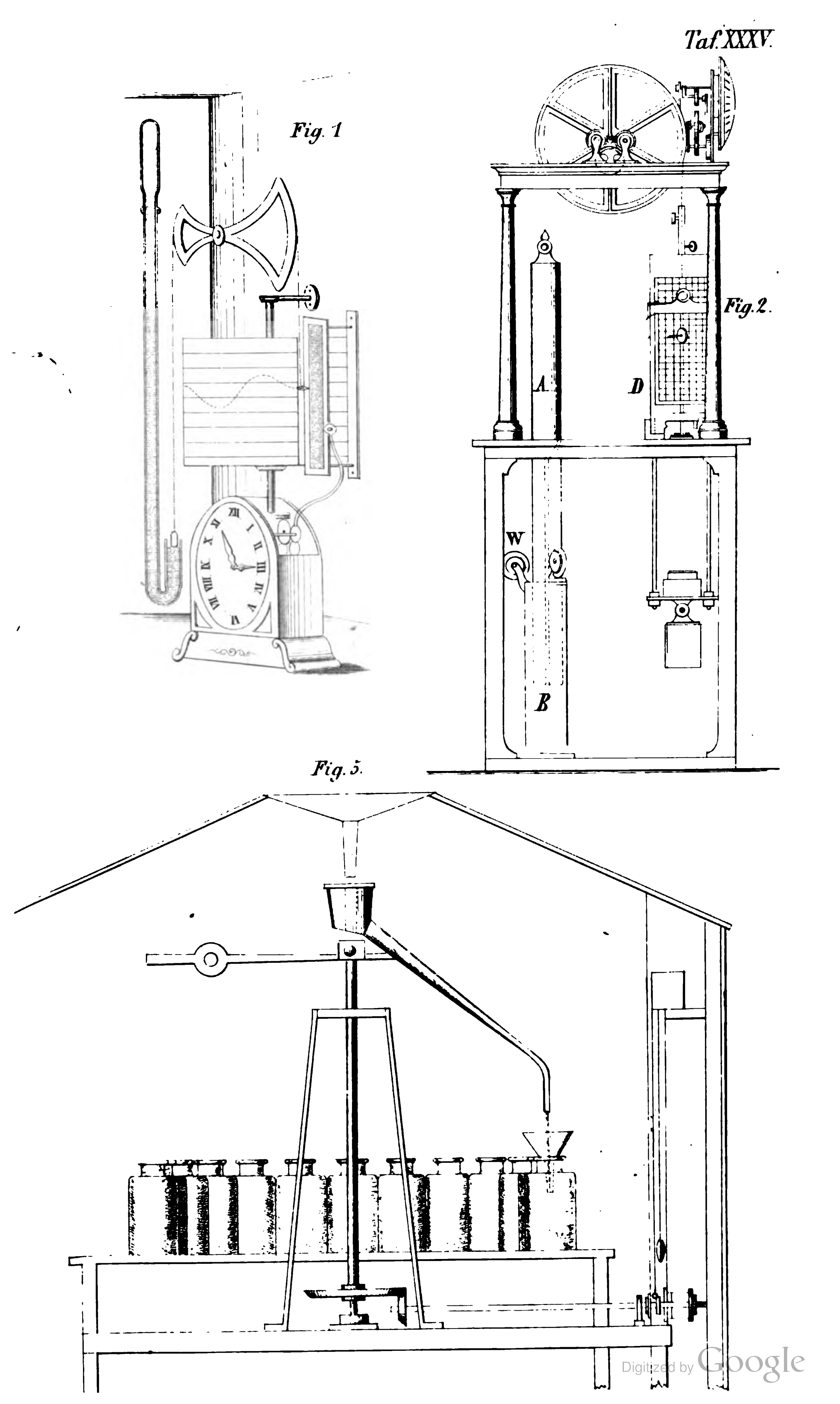


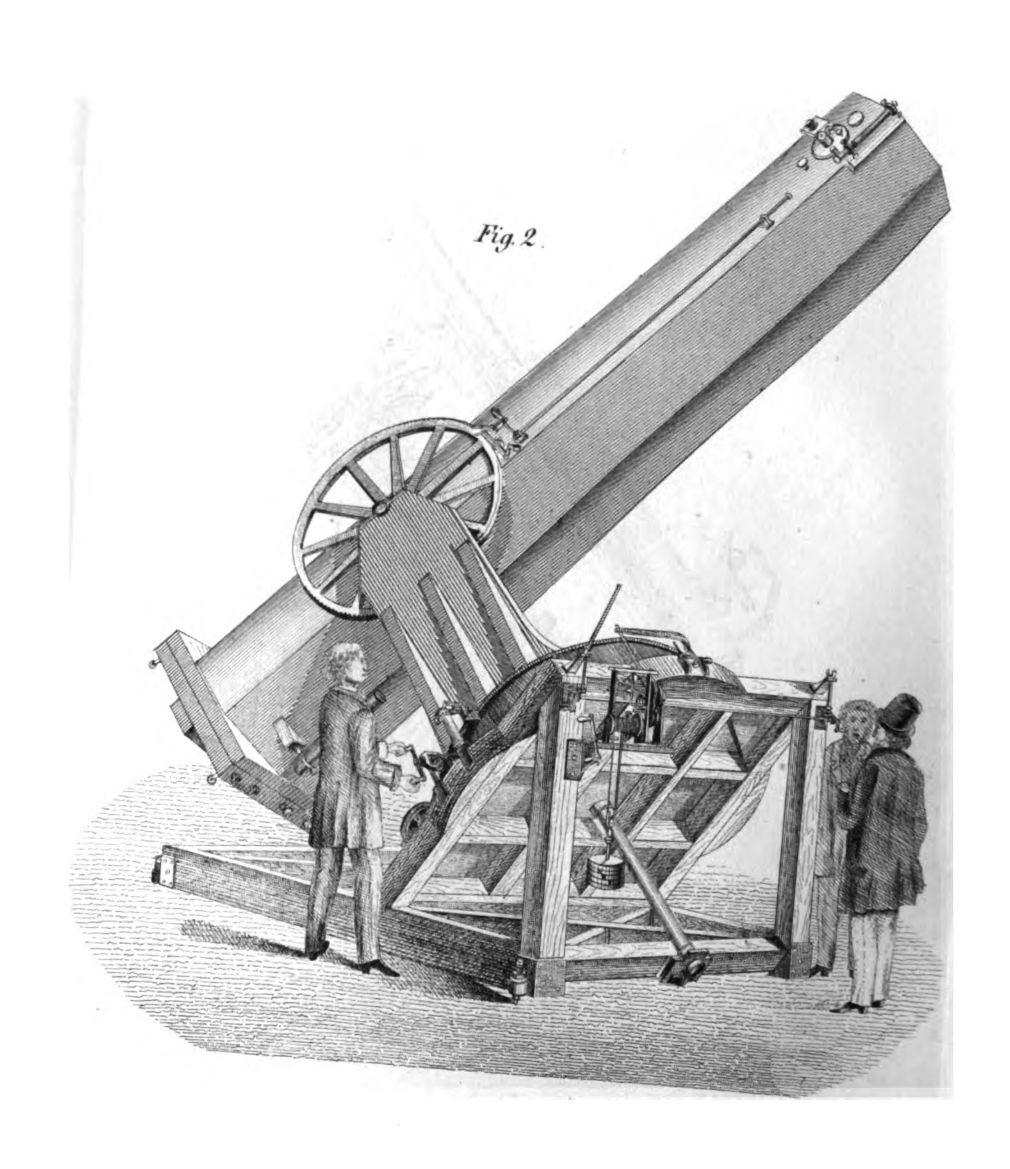
Fig. 14.






V
A
b
a
Fig. 3.
b
Fig. 4.
d
e
e'
a
c
f
h
A
p
p'
T


Fig. 1
Fig. 2.
A
D
W
B
Fig. 5.


Fig. 2.

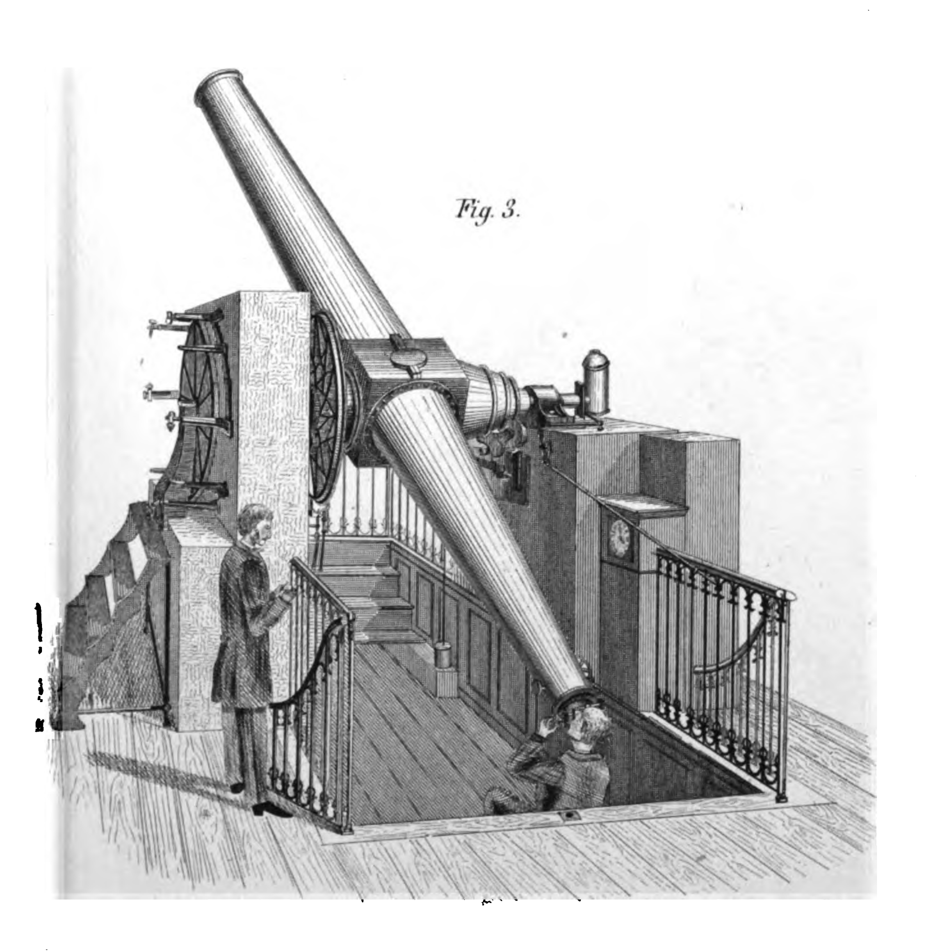
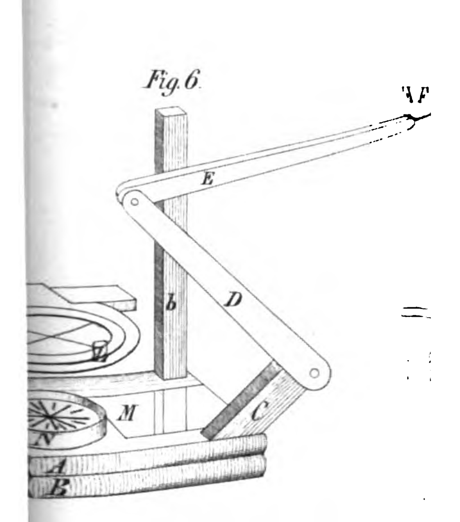
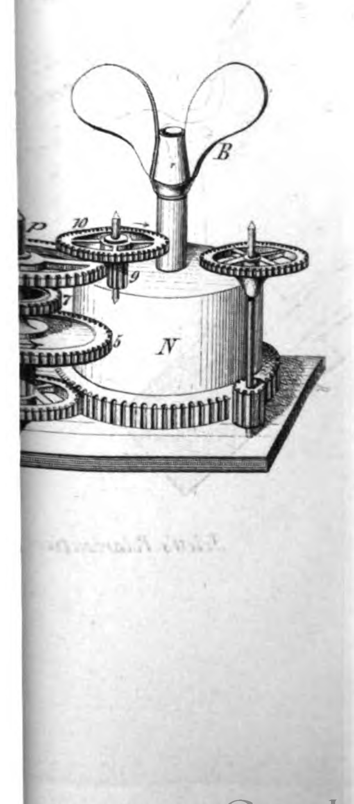
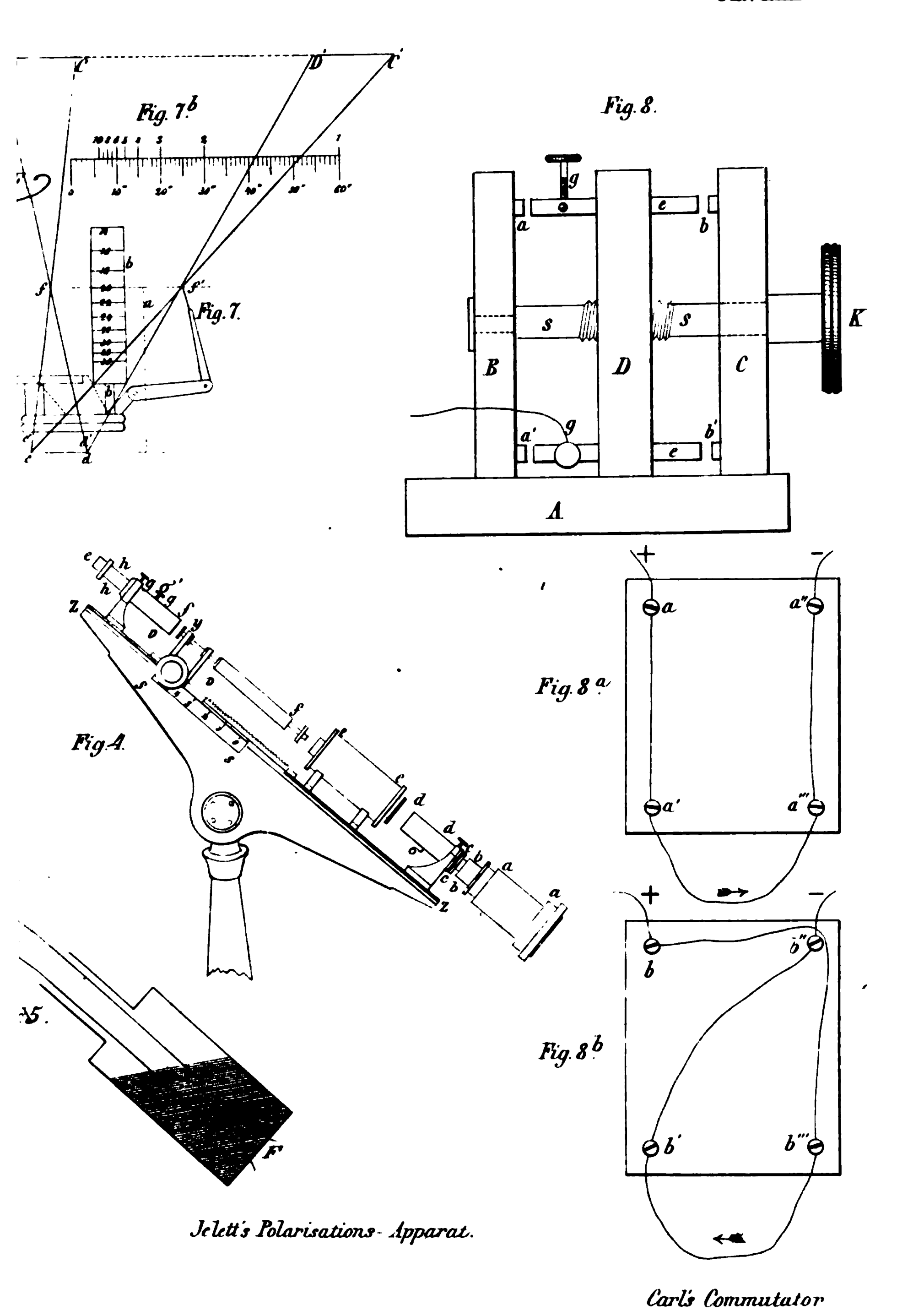


Fig. 3.



Braun's Nephoscop.





Jelett's Polarisations-Apparat.

Carl's Commutator

R

